



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

NIKO TAKALA
SUURTEN JA OHUTSEINÄMÄISTEN TUOTTEIDEN YKSITTÄIS-
TUOTANNON KEHITTÄMINEN

Diplomityö

Tarkastajat: professori Kari T. Koski-
nen ja professori Minna Lanz
Tarkastajat ja aihe hyväksytty
Teknisten tieteiden tiedekuntaneu-
voston kokouksessa 03. kesäkuuta
2015

TIIVISTELMÄ

TAKALA, NIKO: Suurten ja ohutseinämäisten tuotteiden yksittäistuotannon kehittäminen

Tampereen teknillinen yliopisto

Diplomityö, 100 sivua, 9 liitesivua

Syyskuu 2015

Konetekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma

Pääaine: Tuotantotekniikka

Tarkastajat: professori Kari T. Koskinen ja professori Minna Lanz

Avainsanat: Tuotannon kehittäminen, Lean, ohutseinämäiset ja suuret tuotteet, yksittäistuotanto

Alihankintaliiketoiminta on hyvin kilpailtu ala. Omaa kilpailukykyä on kehitettävä jatkuvasti, jotta kilpailussa pysytään mukana. Tässä työssä tarkasteltiin metallituotteita erityisesti ohutlevystä alihankintana valmistavan yrityksen tuotantoprosessia. Työn lähtökohтана oli tarve tuotannon kannattavuuden ja kilpailukyvyn parantamiseen. Tuotantoprosessi, jota käsiteltiin, koski suuria ja ohutseinämäisiä tuotteita, joita valmistetaan pieniä määriä vaihtelevin tuoterakentein. Tuotantoprosessi rajattiin kattamaan työnsuunnittelu, hankinta ja varsinainen valmistus. Tavoitteena oli löytää ratkaisuja näistä osa-alueista koostuvan tuotantoprosessin tuottavuuden, kustannustehokkuuden ja laadun parantamiseen. Lisäksi haluttiin luoda entistä paremmat valmiudet vastaavien tuotteiden valmistamiseen laajemmalle asiakaspohjalle.

Työssä lähestyttiin tuotannon kehittämistä Leaniin perustuvien näkökulmin. Työn kirjallisuuskatsauksessa käsiteltiin ensin asiakkaiden, muutosjohtamisen ja tiedonhallinnan merkitystä toiminnalle. Tämän jälkeen käsiteltiin Leania ja sen mukaista tuotannon kehittämistä sekä esiteltiin Leanin tarjoamia työkaluja tuotannon eri osa-alueiden kehittämiseen. Kohdeyrityksen tuotantoprosessin nykytilaa kuvattiin ja analysoitiin perustuen havainnoinnin ja kokemuksen kautta saatuun tietoon. Keskeiseksi ongelmaksi osoittautui yhteisten toimintatapojen ja prosessien puute, mikä aiheuttaa tehottomuutta ja sitä kautta turhia kustannuksia. Lisäksi laatuvirheiden syntymisen todennäköisyys kasvaa sekä oikean ja vertailukelpoisen datan saaminen tietojärjestelmistä vaikeutuu. Nykytilan kuvauksen ja analysoinnin jälkeen kohdeyrityksen tuotantoprosessille luotiin tavoitetila, joka kertoo, miten prosessien haluttaisiin tulevaisuudessa toimivan. Tavoitetilaa määritettäessä keskityttiin havaittujen puutteiden eliminointiin ja siten prosessien sujuvuuteen, jotta tuotantoprosessista saataisiin tuottavampi, kustannustehokkaampi ja laadukkaampi.

Työn tuloksena luotiin kehitysstrategia, jota noudattamalla kohdeyrityksen olisi mahdollista saavuttaa haluttu tavoitetila. Kehitysstrategia perustuu Leanin mukaiseen kehittämisprosessiin, mutta ensimmäiseksi vaiheeksi lisättiin nykyisten parhaiden käytäntöjen standardointi, jotta pystytään määrittämään lähtötilanne ja siten näkemään kehittämistoimenpiteiden vaikutukset. Kehitysstrategian toimeenpanon nopean käynnistämisen mahdollistamiseksi, annettiin myös kehitysehdotuksia sekä listattiin konkreettisia kehitystoimia nykyisten parhaiden käytäntöjen standardoinnin yhteydessä toteutettavaksi.

ABSTRACT

TAKALA NIKO: Production Development of Large and Thin-Walled Products in Job Shop Environment

Tampere University of Technology

Master of Science Thesis, 100 pages, 9 Appendix pages

September 2015

Master's Degree Programme in Mechanical Engineering

Major: Production Engineering

Examiners: Professor Kari T. Koskinen and Associate Professor Minna Lanz

Keywords: Production Development, Lean, thin-walled and large products, job shop

Subcontracting business is a very competitive sector. Competitiveness needs to be improved constantly in order to keep up with the competition. This thesis studied the production process of a subcontracting company that manufactures sheet metal products. The starting point of this thesis was the need for production profitability and competitiveness improvement. The production process, which was studied concerns large and thin-walled products that are manufactured in small quantities with different constructions. The production process was limited to cover the areas of work planning, procurement and manufacturing. The aim was to find solutions to improve the productivity, cost-effectiveness and quality of the production process. In addition, better capabilities to manufacture similar products for a wider customer base were to be created.

Production development was approached based on Lean manufacturing point of view. The theoretical part of this thesis started with customer, change management and information management related issues. After that Lean manufacturing and its means and tools for production development were introduced. After that the current state of the production process of the target company was described and analyzed based on information acquired by observation and experience. The main problem turned out to be the lack of standardized operating procedures and processes, which results in inefficiency and thereby creates unnecessary costs. In addition, the probability of quality defects increases and acquiring of valid and comparable data from information systems becomes more difficult. After the current state analysis a target state of the production process was created. The target state described how the processes should function in future. When determining the target state, the focus was on elimination of the found deficiencies in order to make the processes flow smoother. In this way, the production process would become more productive and cost-effective and the quality level would increase.

As a result of this thesis a development strategy was created. By following up this strategy, the target state would be possible to be achieved. The development strategy is based on the development process of Lean manufacturing, but one more step was added to the process to act as the first step of the development process. This first step is to standardize the best practices of the current state. This way the starting point of the production development can be determined and the results of the development measures can be seen. In order to start the implementation of the development strategy quickly, development proposals and activities were given to be carried out during the standardization of the current best practices.

ALKUSANAT

Tämä diplomityöprosessi on ollut melko pitkä ja haasteellinen, sillä diplomityö tuli ajankohtaiseksi jo noin kaksi vuotta sitten. Työtehtävät ovat kuitenkin vieneet valtaosan ajastani, jolloin etenkin tämän työn varsinainen kirjoittamisosuus on jäänyt aina paikoin vähemmälle huomiolle. Haluan kiittää kaikkia niitä, jotka ovat olleet tukenani opintojeni varrella ja erityiskiitos läheisilleni. Haluan myös kiittää työnantajaani ennen kaikkea haastavien ja mielenkiintoisten työtehtävien tarjoamisesta sekä mahdollisuudesta tehdä tämä diplomityö. Työkavereille myös suuret kiitokset, sillä olen oppinut teiltä vuosien varrella valtavan paljon ja saanut arvokasta tietoa myös tämän diplomityön tekemiseen.

Turussa, 10.9.2015

Niko Takala

SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO	1
1.1	Kohdeyritys	1
1.2	Tutkimuskohde.....	1
1.3	Tutkimusongelma ja tavoitteet	2
1.4	Tutkimusmenetelmät ja tutkimuksen eteneminen.....	3
2.	TAUSTAA	5
2.1	Asiakkaan merkitys liiketoiminnalle.....	5
2.2	Tuotannollinen toiminta	6
2.3	Valmistava teollisuus ja palvelut.....	8
2.4	Muutosjohtamisen tärkeys kehittämisessä	9
2.5	Tiedonhallinta ja sen vaikutus toimintaan.....	14
3.	TUOTANNON KEHITTÄMINEN LEAN-PERIAATTEIDEN MUKAISESTI...17	
3.1	Taustaa ja perusajatus.....	17
3.2	Toyotan lähestymistapa liiketoimintaan – 14 periaatetta.....	18
3.3	Hukka käsitteenä	21
3.4	Tuotannon kehittämisen vaiheet ja periaatteet	23
3.4.1	Arvon määrittäminen	23
3.4.2	Arvoketjun tunnistaminen ja arvoa lisäämättömien vaiheiden poistaminen	24
3.4.3	Toimintojen virtauttaminen.....	25
3.4.4	Imuohjaus.....	26
3.4.5	Täydellisyyden tavoittelu	27
3.5	Työkaluja kehittämisperiaatteiden toimeenpanoon.....	27
3.5.1	Arvovirtakuvaus.....	27
3.5.2	5S	28
3.5.3	Total Productive Maintenance	30
3.5.4	Solutuotanto	31
3.5.5	Visuaalinen ohjausjärjestelmä ja Kanban	32
3.5.6	Kaizen	33
4.	TUOTANTOPROSESSIN NYKYTILAN KUVAUS JA ANALYYSI.....36	
4.1	Yleiskuvaus nykyisestä tuotantoprosessista.....	36
4.2	Työnsuunnittelu.....	38
4.3	Projektikohtainen hankinta.....	41
4.4	Esikäsittely ja alihankinta.....	44
4.5	Pienosavalmistus	50
4.6	Kokoonpano	53
4.7	Materiaalivirrat ja layout	57
4.8	Teknologia ja menetelmät	59
4.9	Laadunvarmistus	61
4.10	Tieto- ja dokumentaatiovirta	62

4.11	Suorituskyvyn arviointi ja sen haasteet	69
5.	TUOTANTOPROSESSIN TAVOITETILA	73
6.	KEHITYSTYÖ	79
6.1	Kehitysstrategian luominen	79
6.2	Kehitysstrategian toimeenpanon aloittaminen ja kehittämisehdotukset	83
7.	TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET	93
8.	YHTEENVETO	98
	LÄHTEET	99

LIITE A: TUOTANTOPROSESSIN OSA-ALUEIDEN NYKYTILAT JA
TAVOITETILAT

LYHENTEET JA MERKINNÄT

CAD	Computer-aided Design. Tietokoneavusteinen suunnittelu.
DWG	Suunnitteluohjelmiston tiedostoformaatti.
ERP	Enterprise Resource Planning. Toiminnanohjausjärjestelmä.
JIT	Just-in-Time. Periaate, jossa toimitetaan oikea asia, oikeaan aikaan ja oikean määräisenä.
Kaizen	Toiminnan jatkuva parantaminen ja täydellisyyteen pyrkiminen.
Kanban	Visuaalisen ohjaukseen perustuva toimintapa.
MIG/MAG	Metal Inert Gas / Metal Active Gas Welding. Kaasukaarihitsausmenetelmä.
NDT	Nondestructive testing. Rikkomaton aineenkoetus.
PK-yritys	Pienten ja keskisuurten yritysten kokoluokkaan kuuluva yritys.
TIG	Tungsten Inert Gas Arc Welding. Kaasukaarihitsausmenetelmä.
TPM	Total Productive Maintenance. Kokonaisvaltainen tuottava kunnossapito.
TPS	Toyota Production System. Lean-ajattelun lähtökohta.
VSM	Value Stream Mapping. Arvovirtakuvaus. Työkalu prosessien visualisointiin.
2D	2-dimensional. Kaksiulotteinen kuvanto.
3D	3-dimensional. Kolmiulotteinen kuvanto.
5S	Menetelmä hukan poistamiseen.

1. JOHDANTO

Luottamuksellisten asioiden vuoksi, tässä opinnäytetyössä ei mainita kohdeyrityksen nimeä eikä työn kohteena olevaa tuotetta oikealla nimellä. Yritykseen ja tuotteeseen liittyvät asiat kuvaillaan sillä tarkkuudella, kuin mahdollista. Tässä työssä keskitytäänkin tämän vuoksi kuvaamaan tietyn tyyppisen tuotteen tuotantoprosessin kehittämistä, jotta tästä työstä olisi mahdollisesti apua myös muille vastaavan tyyppisten tuotteiden valmistajille.

1.1 Kohdeyritys

Tämän opinnäytetyön kohdeyritys on Varsinais-Suomalainen alihankintakonepaja, joka valmistaa teräksestä laitteistokokonaisuuksia kansainvälisille eri teollisuudenalojen järjestelmätoimittajille. Yritys edustaa kokoluokaltaan PK-yritystä (Tilastokeskus 2015). Yrityksellä on pitkä historia erityisesti ohutlevytuotteiden valmistuksesta. Päämateriaaleina yritys käyttää ruostumatonta ja haponkestävää teräslevyä sekä alumiinia. Viimeisen kahden vuoden aikana erityisesti perinteisiä ruostumattomia ja haponkestäviä teräksiä korkeaseosteisempien ruostumattomien terästen käyttö on lisääntynyt voimakkaasti.

Yrityksellä on suuret tuotantotilat sekä monipuolinen konekanta. Tilavat ja korkeat tuotantotilat sekä hallinosturien nostokapasiteetti mahdollistavat suurtenkin tuotteiden valmistuksen ja käsittelyn. Suurin osa yrityksen valmistuksesta koostuu osien esikäsittelystä ja tämän jälkeen niiden kokoonpanosta valmiiksi tuotteeksi. Kokoonpanot suoritetaan valtaosin hitsaamalla, mutta myös muita liittämistapoja on käytettävissä. Valtaosa kohdeyrityksen tuotannosta on aina lähtökohtaisesti projektiluontoista. Tämä tarkoittaa sitä, että yleensä samankin asiakkaan peräkkäiset tilaukset eroavat ainakin jollain tasolla teknisesti toisistaan, jolloin tuotanto on suunniteltava joka kerta ainakin osittain uudelleen.

1.2 Tutkimuskohde

Tämän opinnäytetyön tutkimuskohteena oli kohdeyrityksen erään asiakkaan tuotteen tuotantoprosessi. Tuotantoprosessi rajattiin tässä työssä käsittämään kolme ydintoimintoa, jotka ovat työnsuunnittelu, projektikohtaiset hankinnat sekä valmistusprosessi. Nämä osa-alueet valittiin, koska työnsuunnittelu, projektikohtainen hankinta sekä valmistus muodostavat selkeän toisiinsa liittyvän kokonaisuuden. Lisäksi tämän kokonaisuuden toiminnan laadulla on merkittävä vaikutus projektien lopputulokseen ja siten projektien kannattavuuteen.

Tuote, jonka tuotantoprosessia käsiteltiin, on melko uuden tuoteryhmän tuote, jota on alettu valmistaa kohdeyrityksessä vuonna 2013. Tuote muistuttaa ulkomuodoltaan säiliötä. Kyseessä on siis lieriömäinen vaipparakenne, joka sisältää läpivientejä ja miesluukuja ja jonka ulkopinnalle asennetaan nostokorvia, tukijalkoja ja muita tarvittavia tukirautoja. Tuotteen sisälle asennetaan putkistoja, tukirauhoituksia sekä muita erinäisiä levyosakokonaisuuksia.

Tuotteen fyysiset mitat vaihtelevat melko paljon projektista riippuen. Säiliön halkaisijat ovat vaihdelleet noin 2 metristä aina yli 4 metriin saakka. Säiliön kylkeen tulee tietyssä konstruktiossa eräänlaiset tulokanavat, jolloin tuotteen kokonaisleveys saattaa kasvaa jopa lähes 8 metriin. Pituutta tuotteilla on ollut tähän mennessä noin 7 metristä vajaaseen 12 metriin. Tuotteiden massat ovat vaihdelleet muutamasta tonnista aina yli 20 tonniin. Tuotteen vaippapinnat ovat teräslevyä, jonka paksuus vaihtelee yleensä 3-5 mm:n välillä, joten kyseessä ovat suhteellisen ohuet materiaalit. Vaipoissa ja vaipan sisälle tulevilla osilla käytetään korkeaseosteisia ruostumattomia teräksiä. Vaippapintojen ulkopuolelle asennettavat rakenteet ovat yleensä joko pintakäsiteltyä hiiliterästä tai matalammin seostettuja perinteisiä ruostumattomia teräksiä.

1.3 Tutkimusongelma ja tavoitteet

Tämän opinnäytetyön tutkimusongelma koski edellisessä luvussa kuvatun tuotteen tuotantoprosessia. Kohdeyritys halusi opinnäytetyön avulla löytää ratkaisuja ennen kaikkea tuotteen tuotantoprosessin tuottavuuden, kustannustehokkuuden ja laatutason parantamiseen. Yritystasolla tämä taas heijastuu toiminnan kannattavuuteen, jonka parantaminen on kohdeyrityksen pitkän aikavälin tähtäin. Itse tuotantoprosessin kehittämisessä on vielä paljon potentiaalia, sillä kyseisiä tuotteita on valmistettu vasta verrattain lyhyt aika, jonka vuoksi tuotantoprosessi ei ole vielä vakiintunut ja muun muassa toimintatapojen yhtenäistämässä on kehitettävää.

Kohdeyrityksen pitkän tähtäimen visiona on kasvattaa merkittävästi osuuttaan tämän tyyppisten tuotteiden valmistuksesta, sillä kohdeyrityksessä koetaan, että tulevaisuudessa tämän tyyppisten tuotteiden kysyntä ja siten valmistusalihankintapalveluiden kysyntä tulee kasvamaan. Yhtenä tavoitteena tälle opinnäytetyölle olikin se, että kohdeyritykselle syntyisi entistä paremmat valmiudet vastaavantyyppisten tuotteiden tehokkaaseen valmistukseen myös muille asiakkaille ja siten oman asiakaskunnan laajentaminen. Lisäksi kaikista asiakassuhteista halutaan luoda kestäviä.

Oman valmistuspalvelun houkuttelevuuden lisäämiseksi asiakkaiden näkökulmasta sekä siten asiakaskunnan laajentamiseksi ja kestävien asiakassuhteiden luomiseksi, on kohdeyrityksen kilpailukykyä kuitenkin pystyttävä parantamaan nykyisestä tasosta. Tähän on yhtenä syynä etenkin Itä-Euroopassa ja Aasiassa toimivien yritysten alhaiset työvoimakustannukset, jotka kohdeyritys kokee suurena haasteena. Pelkkä kustannusten karsiminen ei kuitenkaan tässä kilpailussa riitä, sillä etenkin työvoimakustannuksissa ei pystytty

kilpailemaan halvempien maiden kanssa. Täten on etsittävä myös muita keinoja omien palveluiden kilpailukyvyn lisäämiseksi. Asiakas ei onneksi kuitenkaan tee hankintapäätöksiään pelkkien kustannusten perusteella, vaan alihankkijan valinnan voidaan yleisesti ottaen olettaa perustuvan viiteen eri kriteeriin, joita ovat laatu, prosessien kyvykkyys, palvelu, toimitusvarmuus ja kustannukset (Shina 2014, kpl. 6.4). Täten kustannusten lisäksi jää vielä neljä merkittävää osa-aluetta, joiden avulla voidaan erottautua eduksi halvempien maiden yrityksistä sekä tietysti samalla myös muista kilpailijoista esimerkiksi Suomessa. Kaikkiin näihin osa-alueisiin pystytään vaikuttamaan kohdeyrityksen kannalta suotuisasti juurikin tuotantoprosessia kehittämällä.

Seuraavassa luettelossa on vielä koottuna tutkimuskysymykset, joihin tässä opinnäytetyössä etsittiin vastauksia:

- Miten saadaan parannettua tuotantoprosessin tuottavuutta?
- Miten saadaan parannettua tuotantoprosessin kustannustehokkuutta?
- Miten saadaan parannettua tuotantoprosessin laatutasoa?
- Miten saadaan luotua paremmat valmiudet vastaavatyypisten tuotteiden valmistamiseen myös muille asiakkaille?
- Miten saadaan lisättyä oman valmistuspalvelun houkuttelevuutta asiakasnäkökulmasta?

Yhtenä tämän opinnäytetyön keskeisenä tavoitteena edellä esitettyjen lisäksi oli myös sen tiedon, jonka opinnäytetyöntekijä on hankkinut käsiteltävän tuotteen valmistuksesta lähes kahden vuoden ajalta, kirjaaminen yhdeksi kokonaisuudeksi organisaation muun henkilöstön avuksi ja tiedoksi. Aiemmin näiden tuotteiden valmistuksessa tarvittava tieto oli hyvin hajallaan eri dokumenteissa sekä opinnäytetyöntekijän ja muutaman muun henkilön muistin varassa.

1.4 Tutkimusmenetelmät ja tutkimuksen eteneminen

Tässä opinnäytetyössä käytettiin laadullisia eli kvalitatiivisia tutkimusmenetelmiä. Aineistona käytettiin teoriaa tuotantoprosessien kehittämisestä sekä siihen olennaisesti liittyvistä asiakokonaisuuksista. Lisäksi opinnäytetyöntekijän oma havainnointi oli merkittävässä roolissa. Opinnäytetyö etenee siten, että ensin käsiteltiin tutkimukseen liittyvää taustaa ja teoriaa. Teoriaosuuden jälkeen kuvattiin työn lähtökohdat perustuen opinnäytetyöntekijän kokemuksen ja havainnoinnin kautta saatuun tietoon. Työn lähtökohdissa kuvattiin nykyinen tuotantoprosessi. Samalla kun nykytilaa kuvattiin, analysoitiin myös havaittuja puutteita.

Työn lähtökohtien kuvauksen ja analysoinnin jälkeen esitettiin tuotantoprosessin tavoite-tila. Tämän jälkeen esiteltiin kehitysstrategia, jonka avulla tavoitetilaa lähdetään tavoittelemaan. Lisäksi käsiteltiin kehitystoimenpide-ehdotuksia, jotka voidaan toteuttaa välit-

tömästi ja sitä kautta saada kehitysstrategian toimeenpano alkuun nopeallakin aikataululla. Opinnäytetyön lopussa esitettiin vielä saavutetut tulokset sekä tehdyt johtopäätökset.

2. TAUSTAA

Seuraavissa luvuissa käsitellään liiketoimintaan ja sitä kautta tuotannolliseen toimintaan yleisesti liittyviä asioita sekä kehittämisen kannalta oleellisia osa-alueita. Luvussa 2.1 kerrotaan asiakkaan merkityksestä liiketoiminnalle. Luvussa 2.2 käsitellään tuotannollista toimintaa ja luvussa 2.3 luodaan katsaus valmistavan teollisuuden ja palveluiden väliseen suhteeseen. Luvussa 2.4 paneudutaan muutosjohtamisen tärkeyteen kehittämisessä ja lopulta luvussa 2.5 käsitellään tiedonhallintaa ja sen vaikutuksia toimintaan.

2.1 Asiakkaan merkitys liiketoiminnalle

Asiakkaiden odotukset kasvavat koko ajan. Nykyisin asiakkaat vaativat, että heitä kohdellaan ainutlaatuisina yksilöinä, ja että toimitusketju toimittaa johdonmukaisesti korkealuokkaisia ja muunneltavia tuotteita ja palveluita, jotka kehittyvät asiakkaan tarpeiden muutosten myötä. On tiedostettava se, että jollei tällaisia vaatimuksia vastaavaa palvelukykyä pystytä tarjoamaan, asiakkaat kääntyvät nopeasti muiden vaihtoehtoisten toimittajien puoleen. (Ross 2011, s. 159). Toisaalta asiakkaat pyrkivät nykyään myös luomaan myös entistä vahvempia suhteita toimittajiinsa. Yksi edellytys vahvan suhteen luomiselle on, että asiakas pystyy luottamaan toimittajan kykyyn tuottaa odotettua arvoa järjestelmällisesti. (Ross 2011, s. 167).

Yritysten on pyrittävä ymmärtämään asiakkaiden ääntä, eli mikä todellisuudessa on tärkeää asiakkaiden näkökulmasta. Asiakkaiden ääntä ei kuitenkaan aina ymmärretä organisaatioissa parhaalla mahdollisella tasolla, mikä tarkoittaa hukattua aikaa ja rahaa. Asiakastietoutta on usein kerättynä paljon esimerkiksi kyselytutkimusten, keskusteluiden ja asiakastietokantojen muodossa. Hankittuja tietoja ei kuitenkaan usein yhdistellä järjestelmällisesti toisiinsa, jotta syntyisi arvokkaampaa tietoa, joka edesauttaisi myös strategisia ja liiketoiminnallisia tavoitteita. Järjestelmällinen asiakastarpeiden ja asiakkaiden käyttäytymisen selvittäminen ja ymmärtäminen luo mahdollisuudet taloudellisesti parempiin tuloksiin, sillä syvällinen asiakkaan ja markkinoiden tuntemus edesauttaa jäsenneltyä ajattelua sekä hyvien päätösten tekoa toiminnan kannalta. (Wang 2011, s. 43-45).

Tehokkaat valmiudet asiakkaiden äänen ymmärtämiselle syntyy, kun yrityksen ylin johto on johtamassa ja tukemassa ponnisteluja asian eteen. Asiakastietoa on hankittava useista eri lähteistä ja saatua tietoa on yhdisteltävä, jotta löydettäisiin liiketoiminnallista arvoa luovia tietoja. Asiakkaiden äänen ymmärtämistä varten perustetaan tiimi, joka on itsenäinen kokonaisuus, mutta joka sisältää monipuolisen yhdistelmän henkilöitä erilaisin tiedoin ja taidoin sekä kokemuspohjin. Lisäksi asiakasymmärrystä on arvostettava ja se on nähtävä strategisena etuna, joka antaa arvokasta tietoa yrityksen politiikalle, strategialle, toiminnoille ja viestinnälle. (Wang 2011, s. 45).

Asiakkaat etsivät parasta mahdollista lisäarvoa tehdessään ostopäätöstä. Asiakkaan saama lisäarvo koostuu kolmesta eri arvotyypistä, jotka ovat taloudellinen arvo, ratkaisuarvo ja psykologinen arvo. Asiakkaat saavat taloudellista arvoa, kun hankittu tuote tai palvelu tuottaa asiakkaalle enemmän rahallista arvoa, kuin mitä hankinta synnytti kustannuksia. Taloudellista arvoa syntyy myös, jos hankitun tuotteen tai palvelun avulla asiakas saa vähennettyä toimintansa kustannuksia enemmän kuin hankinta synnytti kustannuksia. Ratkaisuarvo tuottaa asiakkaalle hyötyä tuotteen tai palvelun muodossa, joka tarjoaa pääsyn haluttuihin toimintoihin tai ominaisuuksiin. Arvo muodostuu toiminnon tai ominaisuuden mahdollistaessa halutun suorituskyvyn tai kyvykkyyden saavuttamisen. Psykologinen arvo on usein tiedostamatonta, kuten brändi tai imago. Asiakas kokee tällöin saavansa muuta lisäarvoa kuin suoria taloudellisia tai ratkaisuun liittyviä etuja. Tunnetulta toimittajalta ostettaessa koetaan esimerkiksi, että riskit ovat pienempiä ja saadaan enemmän hyötyä. (Ross 2011, s. 166).

Huomionarvoista on, että asiakkaan kokema arvo ja asiakastyytyväisyys eivät ole sama asia. Molemmat kuitenkin liittyvät ostopäätöksiin, sillä ostot tehdään arvon perusteella ja uudelleenostoihin vaikuttaa lisäksi tyytyväisyys. Tyytyväisyys määräytyy asiakkaan odotusten täyttymisen perusteella. Mikäli asiakkaan kokemus vastaa odotuksia tai ylittää ne, on asiakas tyytyväinen. Jos taas asiakkaan kokemus ei vastaa odotuksia, on asiakas tyytymätön. (Reidenbach 2009, s. 36-37). Perinteisesti asiakkaista kilpailu menee herkästi hintakilpailuksi, kun asiakkaat ilmoittavat hintojen olevan liian korkeita, ja jotta kilpailussa pysyttäisiin mukana, pyritään hintoja alentamaan. Todellisuudessa asiakkaat saattavatkin kuitenkin pyrkiä toisenlaiseen lopputulokseen. Ilmoittamalla hinnan olevan liian korkea, asiakas tarkoittaakin, että tarjotusta tuotteesta tai palvelusta saatava arvo, ei vastaa sitä arvoa, mitä siitä vaaditaan vastineeksi. Tällöin osattaessa tarjota asiakkaan todella tarvitsemaa ratkaisua ja vielä kilpailijoita laadukkaammin, voidaan korkeammallakin hinnalla voittaa kilpailu. (Reidenbach 2009, s. 39-40).

2.2 Tuotannollinen toiminta

Tuotannoksi kutsutaan prosessia, jossa syntyy tuotteita, kun yhdistellään materiaalia, työtä ja pääomaa (Bellgran & Säfsen 2010, s. 43). Materiaalia ovat tuotteen synnyttämiseksi vaadittavat raaka-aineet. Työtä on henkilöstön panos, joka annetaan tuotteen synnyttämisen eteen. Pääomaa ovat taas prosessissa vaadittavat koneet ja laitteet sekä työkalut ja muu infrastruktuuri. Materiaali jalostuu valmiiksi tuotteeksi vaihe vaiheelta sen virratessa tuotantoprosessin läpi ja samalla sen arvo lisääntyy jalostusarvon verran. (Lapinleimu et al. 1997, s. 15).

Tuotannon tärkein tavoite on tarjota asiakkaille hyvää palvelukykyä. Palvelukyky koostuu useammasta osa-alueesta. Hyvään palvelukykyyn kuuluvat lyhyet ja varmat tuotteiden toimitusajat, tuotannon joustavuus, tuotteiden tasainen ja korkea laatu sekä yrityksen hyvä imago ja ympäristöystävällisyys. Hyvän palvelukyvyn saavuttamiseen ja ylläpitoon ei kuitenkaan voida käyttää rajattomasti pääomaa, jonka vuoksi tietty palvelukyky on

pystyttävä toimittamaan mahdollisimman kustannustehokkaasti. (Lapinleimu et al. 1997, s. 37-41).

Tuotannon kehittämisen kohteet liittyvät suoraan tuotannon tavoitteisiin, jolloin kehittämisen avulla pyritään saavuttamaan nämä tavoitteet aina vain paremmin ja vähemmin kustannuksin. Lyhyttä toimitusaikaa tavoiteltaessa, keskeistä on tuotteen läpäisyajan minimointi, sillä mitä nopeammin tuote saadaan kulkemaan tuotantoprosessin lävitse, sitä nopeammin se saadaan myös toimitettua eteenpäin. Lyhyellä läpäisyajalla saavutetaan myös parempi tuotannon ohjattavuus ja toimitusten joustavuus, sekä keveämpi organisaatorakenne. Tämän vuoksi tuotantoprosessin kehittäminen sujuvammaksi ja nopeammaksi, on keskeisimpiä tuotannon kehittämisen kohteita. (Lapinleimu et al. 1997, s. 41). Tarvittavien materiaalien hankinta-ajat sekä tuotannon kuormitustilanne vaikuttavat läpäisyajan lisäksi luonnollisesti myös toimitusaikaan. Materiaalien hankinta-aikojen ollessa kovin pitkiä verrattuna läpäisy aikaan, ei lyhyellä läpäisyajalla ole tällöin toimitusajan kannalta suurta merkitystä. Tämän myötä myös hankintatoimea on kehitettävä. Mikäli tuotannossa taas vallitsee korkea kuormitustilanne, se hidastaa tuotteen saattamista tuotantoon, koska tuotteiden tuotantoa ei välttämättä päästä aloittamaan silloin kuin tarve olisi, mikäli edelliset tuotteet ovat vielä työn alla. Tämä taas luo haasteen tuotannonsuunnittelulle vastattavaksi. (Lapinleimu et al. 1997, s. 38).

Yksi keskeisin asiakkaan arvostama ominaisuus, on tuotteen tasainen ja korkea laatu. Tähän päästään kehittämällä tuotanto sellaiseksi, että syntyvät tuotteet vastaavat niille asetettuja vaatimuksia ja ne saadaan kerralla valmiiksi. Kerralla valmiiksi -periaatteeseen kuuluu myös tuotteen osien valmistus valmiiksi saakka yhdessä tuotannonvaiheessa. Tämän seurauksena tuotteen valmistuksen vaatimia vaiheketjuja saadaan lyhennettyä ja sitä kautta myös läpäisyajoja ja samalla myös tuotannon ohjattavuus jälleen paranee ja organisaatio kevenee. (Lapinleimu et al. 1997, s. 39, 41). Joustavuuden kehittämisellä pyritään parantamaan valmiuksia ja sopeutumista määrällisesti ja rakenteellisesti toisistaan poikkeavien tuotteiden valmistukseen. Lisäksi pyritään valmistamaan tuotteet asiakkaan tilauksen perusteella, jolloin vältetään varastoon valmistus, mikä sitoisi paljon pääomaa. Tilauksen perusteella valmistamisen mahdollistavat prosessin lyhyet läpäisyajat. Osa tuotannon joustavuutta on myös pienten erien valmistuskyky taloudellisesti sekä oikeanmääräisenä eli juurikin tilauksen edellyttämän määränä, joka on samalla optimaalisin valmistettava eräkokoo. (Lapinleimu et al. 1997, s. 38-39).

Uusia asiakkaita hankittaessa ja pyrittäessä pitämään vanhat asiakkaat, voi tuotannosta ja yrityksestä saatu vaikutelma olla merkittävässä roolissa. Täten hyvän imagon kehittäminen on tärkeää. Hyvä imago muodostuu muun muassa nopeasta reagoinnista asioihin, sovittujen asioiden pitämisestä, toiminnan yleisestä laadusta ja toimivuudesta, tehtaan siisteydestä ja järjestyksestä sekä hyvästä tuotantokaluston tasosta. (Lapinleimu et al. 1997, s. 40). Yhdeksi erittäin tärkeäksi tuotannon kehittämisen osa-alueeksi on muodostunut ympäristöystävällisyyden kehittäminen. Tämä on seurausta ihmisten tietoisuuden

ja huolen lisääntymisestä liittyen ympäristöasioihin, minkä vuoksi myös yritysten on huomioitava ympäristövaikutuksensa. Raaka-aineiden ja energian hintojen nousun myötä pyrkimys niiden käytön vähentämiseen on myös kustannussyistäkin hyödyllistä. Tämän vuoksi yritykset pyrkivätkin kohti kestävää tuotantoa. (Herrmann et al. 2008).

Tuottavuutta ja tehokkuutta käytetään perinteisesti yrityksen sisällä tuotannon suorituskyvyn mittaamiseen. Tulosten perusteella pystytään havaitsemaan kehityskohteita tuotannosta. Tuottavuudella mitataan saavutettuja tuloksia suhteessa käytettyyn panostukseen tietyssä ajassa. Tuottavuutta voidaan mitata usealla tasolla. Esimerkiksi tuotantolaitoksen kokonaistuottavuus saadaan vertaamalla tietyssä ajassa valmistuneiden tuotteiden määrän suhdetta kaikkiin käytettyihin panostuksiin. Osatuottavuus saadaan taas mittaamalla valmistuneiden tuotteiden määrää suhteessa käytettyihin työtunteihin. Työtuntien sijasta voidaan käyttää myös esimerkiksi kulutettujen raaka-aineiden tai pääoman määrää. Huomionarvoinen asia on, että korkea tuottavuus ei aina välttämättä korreloikaan suoraan korkean kannattavuuden kanssa. (Bellgran & Säfsen 2010, s. 260-262). Tuotannon tehokkuudella taas mitataan käytettyjen resurssien suhdetta ennalta arvioituun resurssikäyttöön (Bellgran & Säfsen 2010, s. 273).

Tuotannon suorituskyvyn mittaamiseen voidaan käyttää myös muita mittareita, joita ovat kustannukset, laatu, nopeus, toimitusvarmuus ja joustavuus. Kustannussuorituskykyä voidaan mitata mm. tuotteen yksikkökustannuksilla tai esimerkiksi vertaamalla omaa kustannustasoa kilpailijoihin. Laadullista suorituskykyä voidaan mitata mm. reklamaatioiden, romuosuuden ja korjaustyökustannusten määrällä. Nopeutta voidaan mitata mm. tahtiajan, materiaalitoimitusten keston ja läpimenoajan perusteella. Toimitusvarmuutta voidaan mitata esimerkiksi ajallaan toimitettujen tuotteiden osuudella tai keskimääräisellä myöhästymisellä. Joustavuutta taas voidaan mitata esimerkiksi asetusajkojen, aikataulumuutosten vaatiman ajan tai henkilöstön moniosaamisen perusteella. (Bellgran & Säfsen 2010, s. 267-268).

2.3 Valmistava teollisuus ja palvelut

Palveluiden rooli valmistavassa teollisuudessa on tullut merkittävämmäksi koko ajan. Palveluliiketoimintaa lisätään perinteisen valmistuksen rinnalle ja paras hyöty saavutetaan, kun palvelut liittyvät luontevalla tavalla valmistettaviin tuotteisiin. (Crandall & Crandall 2014, s.171). Perinteisestä tuotteiden valmistamisesta ja tarjoamisesta asiakaille ollaankin siirtymässä yhä enemmän ratkaisujen tarjoajiksi. Tällaisen muutoksen tekeminen yrityksen sisällä edellyttää kuitenkin, että organisaatiossa omaksutaan asiakas-keskeisyys ja vanha tuotokeskeisyys hylätään. Muutoin siirtyminen ratkaisujen tarjoajaksi voi tuottaa hankaluuksia. Toinen haaste on päätöksentekoprosessi, sillä valmistettaessa vain tuotteita, päätökset voidaan yleensä tehdä perustuen mitattavaan tietoon. Palveluiden kohdalla taas päätöksenteko vaatii kompromisseja lisääntyvien kustannusten ja vähäisempien konkreettisten etujen välillä. (Crandall & Crandall 2014, s.174).

Asiakas- ja tuotokeskeisyyden erot yrityksen strategian kannalta ovat melko merkittäviä. Tuotokeskeisessä lähestymistavassa yrityksen päämäärä on tuottaa paras mahdollinen tuote asiakkaalle, kun taas asiakaskeskeisessä lähestymistavassa päämääränä on toimittaa paras mahdollinen ratkaisu asiakkaalle. Lisäksi tuotokeskeisessä lähestymistavassa mietitään, kuinka monta erilaista käyttötarkoitusta tuotteelle löydetään ja asiakaskeskeisessä lähestymisessä taas pohditaan, mikä tuotteiden yhdistelmä sopii parhaiten asiakkaalle. Organisaatorakenne perustuu tuotokeskeisyydessä tuotesegmentteihin ja asiakaskeskeisyydessä asiakassegmentteihin. Tärkein prosessi tuotokeskeisyydessä on uusien tuotteiden kehittäminen ja asiakaskeskeisyydessä asiakkuudenhallinta. (Crandall & Crandall 2014, s.175)

Suorituskykyä mitataan tuotokeskeisyydessä konkreettisten määreiden avulla, kuten uusien tuotteiden lukumäärällä tai markkinaosuudella. Asiakaskeskeisyydessä mitataan abstrakteja käsitteitä, kuten asiakastyytyväisyyttä, asiakkaan tuomaa arvoa koko asiakassuhteen arvioidun elinkaaren aikana ja asiakkaiden pysyvyyttä. Organisaatiokulttuuri on tuotokeskeisyydessä avoin uusille tuote- ja prosessi-ideoille, eli ollaan keskittyneitä sisäisiin asioihin. Asiakaskeskeisyydessä taas pyritään etsimään lisää keinoja asiakkaiden tyydyttämiseksi ja siten ollaan keskittyneitä ulkoisiin asioihin. Päätarjooma tuotokeskeisyydessä on erityiset ja huippuluokan tuotteet ja asiakaskeskeisyydessä yksilölliset palvelupaketit. Tuotokeskeisyydessä valtaa annetaan työntekijöille, jotka kehittävät tuotteita. Asiakaskeskeisyydessä taas valtaa annetaan työntekijöille, joilla on syvällistä tietämystä asiakkaiden liiketoiminnasta. (Crandall & Crandall 2014, s.175)

Pyrittäessä laajentamaan omaa tarjoomaa pelkästä valmistuksesta palveluiden puolelle, voidaan laajentuminen tehdä usealla eri tavalla. Vaihtoehtona on esimerkiksi tuotteen asentaminen, tuotteen ylläpito sekä varaosien myynti. Voidaan myös myydä lisätietoa tukemaan tuotteen käyttöä sekä kouluttaa asiakkaan henkilökuntaa käyttämään tuotetta. Muita tuotteita ja prosesseja voidaan myös muokata siten, että ne toimivat myydyin tuotteen kanssa. Lisäksi sen jätteen hävittäminen, jota tuote mahdollisesti synnyttää käytön aikana sekä itse tuotteen hävittäminen sen elinkaaren lopussa ovat mahdollisuuksia tarjonnan laajentamiseen. (Crandall & Crandall 2014, s.177) Tulevaisuudessa pelkkä perinteisten palveluiden tarjoaminen ei enää riitä kiristyneessä kilpailussa, vaan on pystyttävä tarjoamaan ns. älykkäitä palveluja. Tällä tarkoitetaan sellaisten palveluiden tarjoamista, jotka auttavat asiakasta hyödyntämään tuotetta entistä tehokkaammin, kuten teknologian käyttö siten, että asiakas tietää jo etukäteen, jos esimerkiksi jokin tuotteen osa on tulossa elinkaarensa päähän ja vaatii toimenpiteitä. (Crandall & Crandall 2014, s.178)

2.4 Muutosjohtamisen tärkeys kehittämisessä

Muutokset, kuten prosessien parantaminen, aiheuttavat haasteita, sillä muutokset koetaan usein vaikeina, häiritsevinä, kalliina ja merkittävinä virheiden synnyttäjinä. Muutoksista lopulta saatavat hyödyt ovat kuitenkin yleensä niin merkittäviä, että nämä haasteet ollaan valmiit kohtaamaan. Syitä, miksi muutoksiin ollaan valmiita, on useita. Yritys saattaa olla

esimerkiksi markkinajohtajan asemassa, jossa halutaan myös pysyä, jolloin muutoksien teko on jo täysin tavallinen käytäntö. Kilpailutilanne vaati myös muutosvalmiutta, sillä kilpailijoiden parantaessa tuotteitaan ja palveluitaan, on pakko tehdä muutoksia, jotta pysytään mukana kilpailussa. Muutoin menetetään asiakkaita ja tuloja. Teknologinen kehitys ajaa muutoksiin, sillä tehokas ja nopea uuden teknologian hyödyntäminen voi nostaa laatua ja tehokkuutta, jota kautta voidaan saavuttaa kilpailuetua. Muutoksiin ajavat myös säännöt ja määräykset, joita voi tulla niin yrityksen sisältä kuin ulkopuoleltakin, esimerkiksi lainsäädännön kautta. Asiakasvaatimukset edellyttävät myös muutosvalmiutta, sillä asiakas voi pyytää tai jopa vaatia muutoksia toiminta- ja menettelytapoihin. Mikäli asiakkaan haluamaa muutosta ei toteuteta, saatetaan koko asiakkuus menettää. (Pyzdek & Keller 2013, kpl. 12)

Jotta muutoksilla saavutettaisiin halutut päämäärät, pitää muutosprosessissa huomioida kolme keskeistä osa-aluetta. Ensimmäiseksi on muutettava organisaation ihmisten ajattelua ja toimintatapoja, sillä kaikki muutos alkaa yksilöistä. Kestävää ja todellista muutosta ei saada aikaiseksi, mikäli yksilöt eivät ole halukkaita muuttamaan toimintatapojaan. Toimintatapojen muutos taas edellyttää ensin ajattelutavan muutosta. Toiseksi on muutettava organisaation ohjeistusta ja sääntöjä, jotka ohjaavat organisaation jäsenten käyttäytymistä ja toimintaa. Muutosta ei saada aikaiseksi, ennen kuin näitä ohjeistuksia ja sääntöjä muutetaan. Kolmanneksi on lopulta muutettava organisaation järjestelmiä ja prosesseja, jotta voidaan saavuttaa merkittäviä parannuksia toimintaan. Kestävien muutosten ja siten parannusten tekeminen järjestelmiin ja prosesseihin kuitenkin edellyttää, että myös kahden edellisen osa-alueen muutokset on toteutettu. (Pyzdek & Keller 2013, kpl. 12.2)

Hyvin suunnitellut muutokset eivät vielä takaa menestyksestä lopputulosta, vaan myös muutosten toimeenpanon laadukkuudella on merkittävä vaikutus. Menestyksekkäs toimeenpano edellyttää, että määritellään teknologian vaikutus sekä muutosten vaikutus ihmisiin. Lisäksi muutosten käytännön toimeenpano on suunniteltava sekä analysoitava muutoksiin liittyvät riskit. Vasta tämän jälkeen toimeenpannaan muutokset, seurataan muutosten vaikutusta sekä edelleen parannetaan prosessia. (Cassidy & Guggenberger 2000, s. 167).

Teknologian avulla voidaan löytää uusia keinoja tehostaa prosesseja entisestään. Tämä kuitenkin edellyttää, että teknologia tukee prosessia ja toimeenpantavaa muutosta. Mikäli tällainen teknologia löydetään, pitää sen vaikutus myös huomioida, eli millä tavalla teknologia vaikuttaisi prosessiin. Uusi teknologia voi nimittäin vaatia laajempiakin muutoksia prosessiin. Teknologialla ei myöskään saisi olla liian suurta vaikutusta, sillä teknologiat voivat muuttua nopeastikin. Tärkeää olisi lisäksi aina ensin ymmärtää todellinen ongelma, ennen kuin prosessiin lisätään teknologiaa vain teknologian itsensä vuoksi. (Cassidy & Guggenberger 2000, s. 168-171).

Onnistunut muutosten hallinta edellyttää, että ymmärretään muutosten vaikutus ihmisiin. On kehitettävä keinoja, joilla helpotetaan muutosten aiheuttamia haasteita organisaation työntekijöille. Ihmiset pelkäävät luonnostaan muutosta, koska pelätään epäonnistumisia ja kontrollin menettämistä sekä turhaudutaan uusiin asioihin. Tämän vuoksi muutos edellyttää, että osataan poistua omalta mukavuusalueelta. Siksi on erittäin tärkeää, että työntekijät osallistutetaan muutokseen mahdollisuuksien mukaan ja kommunikoidaan selkeästi muutoksen tarkoitus ja tavoiteltava päämäärä sekä muutoksen hyödyt. Kommunoinnin on oltava jatkuvaa, täydellistä, innostunutta, yksinkertaista ja rehellistä. Tällöin pelot muutosta kohtaan hälvenevät. Johdolla on täten tärkeä rooli muutoksen eri vaiheissa. Organisaation henkilöstöä on ohjattava muutosprosessin läpi sekä pyrittävä minimoimaan muutoksen negatiiviset vaikutukset henkilöihin ja samalla varmistettava jatkuva tuottavuus. (Cassidy & Guggenberger 2000, s. 161-174).

Muutokseen sopeutumista helpottavat myös hyvin suunnitellut johtamisjärjestelmät ja mittarit. Muutoksen toteuttava taho on oltava selkeästi määriteltä, työtehtävineen ja vastuineen sekä valtuuksineen. Muutoksen johtajana on oltava henkilö, jolla on intohimo muutosta kohtaan, ja joka näyttää suuntaa ja saa muutkin seuraamaan perässä. Ilman kunnollista johtamisjärjestelmää ja johtajaa syntyy sekaannusta, turhautumista ja tuottamattomuutta. Tarkoituksenmukaisten mittareiden avulla taas saadaan selvitettyä nykytila ja tavoitetilä. Täten tiedetään jatkuvasti, miten muutos etenee ja koska tavoite on saavutettu. Kunnollisten mittareiden puute aiheuttaa epäselvyyksiä. Riittävät resurssit muutoksen toteuttamiseen sekä koulutus mahdollisesti muuttuvien työtehtävien osalta kuuluvat myös onnistuneeseen muutosjohtamiseen. Ilman kunnollisia resursseja yksilöt turhautuvat ja ilman valmiuksia toimia muuttuneiden roolien ja vastuiden edellyttämällä tavalla syntyy pelkoa ja huolta. Palkkiojärjestelmien avulla muutokset voidaan saada toteutumaan nopeammin, mikäli palkkiojärjestelmä ohjaa yksilöitä työskentelemään muutosta kohti. (Cassidy & Guggenberger 2000, s. 175).

Muutosten käytännön toimeenpanon suunnittelu edellyttää useiden eri asioiden ja näkökulmien huomioimista. Seuraavaan listaan on koottu merkittävimpiä pohdittavia asioita (Cassidy & Guggenberger 2000, s. 176-178):

- Mikä on muutoksen suuruus ja kuinka monta sidosryhmää muutos koskee?
- Kuinka moneen henkilöön muutos vaikuttaa?
- Mikä on muutoksen vaikutus henkilöiden ensisijaisiin taitoihin?
- Kuinka monen henkilön on opittava uusia taitoja?
- Kuinka monen henkilön on muutettava käyttäytymistään?
- Kuinka merkittäviä teknologisia muutoksia tarvitaan?
- Kuinka paljon tarvitaan yhteistyötä yli organisaatiorajojen?
- Millä aikavälillä muutos on tarkoitus toimeenpanna?
- Vaikuttaako muutos positiivisesti palkkoihin, asemaan tai työtehtävään?
- Tuoko muutos mukanaan uusia osapuolia tai yhteistyökumppaneita?

- Ovatko henkilöt, joihin muutos vaikuttaa, olleet mukana muutoksen suunnittelu- vaiheessa?
- Onko organisaatio valmis muutokseen?
- Onko olemassa yksimielisyys muutoksen tarpeellisuudelle sekä tulevaisuuden visiolle?
- Ymmärtävätkö kaikki muutoksen osapuolet muutoksen syyn?
- Onko kaikille selvää, mitä kultakin odotetaan ja mikä on kunkin rooli muutok- sen jälkeen?
- Mikä on sidosryhmien sitoutumisen taso muutokselle?
- Miten muutos vaikuttaa yrityksessä vallitsevaan kulttuuriin?
- Kuinka paljon muita muutoksia organisaatiossa on parhaillaan käynnissä?
- Löytyykö organisaation sisältä positiivisia vai negatiivisia kokemuksia muutok- sista?
- Mitä resursseja tarvitaan muutoksen toteuduttua?
- Mitä mahdollisia esteitä ja riskejä muutokseen sisältyy?

Suunnitteluvaiheessa on mietittävä kaikki ne eri vaiheet, jotka vaaditaan halutun loppu- tuloksen saavuttamiseksi. Lisäksi muutoksen toimeenpanon synnyttämät kustannukset, saavutettavat edut sekä sijoitetun pääoman tuotto on pyrittävä arvioimaan mahdollisim- man tarkasti. Tällöin riski muutoksen toimeenpanon kustannuslityksiin pienenee. Toi- meenpano saatetaan pahimmassa tapauksessa keskeyttää, mikäli havahdutaan siihen, että kustannukset tulevatkin olemaan ennakoitua suuremmat. Tämän vuoksi kattava riskien- hallinta on tärkeää koko muutosprosessin kannalta. (Cassidy & Guggenberger 2000, s. 181-182).

Riskienhallintaprosessin ensimmäinen vaihe on tunnistaa kaikki mahdolliset riskit. On mietittävä, mitkä kaikki asiat voivat mennä pieleen. Kun kaikki riskit on tunnistettu, nii- den vaikutukset arvioidaan. Riskien vaikutukset voidaan analysoida sekä määrällisesti, että laadullisesti. Riski voivat toteutuessaan vaikuttaa heikentävästi esimerkiksi järjestel- mien ja ratkaisujen laatutasoon. Ongelmia saattaa tulla myös teknologioiden luotettavuus- teen ja saatavuuteen. Kustannukset saattavat kasvaa ja aikataulut pettää. Haluttuja tavoit- teita ei välttämättä saavuteta ja asiakastyytyväisyys saattaa heiketä. Lopulta riskin toteu- tuminen voi vaikuttaa negatiivisesti koko liiketoimintaan. (Cassidy & Guggenberger 2000, s. 179; Rodney Turner 2009, kpl. 10).

Riskien vaikutusten arvioinnin jälkeen, riskit priorisoidaan, eli järjestetään riskit niiden vaikutusten suuruuden perusteella. Riskienhallinnan piiriin otetaan ne riskit, joilla toteu- tuessaan olisi merkittävin vaikutus. Valittujen riskien varalle kehitetään torjuntasuunni- telma, jonka avulla on tarkoitus minimoida riskien toteutumisen mahdollisuutta. Lopulta riskejä ja torjuntasuunnitelmaa hallitaan koko prosessin ajan siten, että seurataan toteu- tuuko riskejä ja reagoidaan mahdollisesti toteutuviin riskeihin suunnitellun mukaisesti. Riskienhallinnan tarkoituksena on siis minimoida riskit sekä tästä huolimatta toteutuvien riskien aiheuttamat vaikutukset. (Rodney Turner 2009, kpl. 10).

Muutoksen toimeenpano voidaan tehdä strategisesti kolmella eri tavalla. Ensimmäinen vaihtoehto on, että toteutetaan pilottihanke muutoksesta. Pilottihanke on siis pohjimmiltaan koeajo, jolloin vanhaa prosessia ei vielä lopeteta. Pilottihanke on järkevä vaihtoehto, kun muutokseen liittyvät riskit ovat suuret. Esimerkiksi suurten teknologisten muutosten kohdalla, pilottihanke on järkevä ratkaisu. Toinen vaihtoehto on toteuttaa muutos vaiheittain. Tämä soveltuu tapauksiin, jossa toimeenpantava muutos on suuri, koska tällöin riskiä saadaan pienennettyä. Muutos voidaan jakaa pienempiin, helpommin hallittaviin ja loogisiin kokonaisuuksiin, jotka on helpompi toteuttaa. Kolmas vaihtoehto on toimeenpanna muutos kerralla ja samalla hyväksyä siihen liittyvät riskit. (Cassidy & Guggenberger 2000, s. 181).

Lopulta huolellisen suunnittelun jälkeen, voidaan muutos toimeenpanna suunnitellun mukaisesti. Menestyksekkään toimeenpanon tielle voi kuitenkin vielä tulla useita eri esteitä. Seuraavassa listassa on esitelty merkittävimmät syyt epäonnistumiselle (Cassidy & Guggenberger 2000, s. 184):

- Työntekijöiden moraali laskee.
- Muutosta vastustetaan ja halutaan tehdä asiat, kuten on aiemminkin tehty.
- Liiketoiminta häiriintyy merkittävästi.
- Ihmiset kieltäytyvät tai ovat kykenemättömiä muuttamaan tapojaan.
- Ihmisiä ei ole koulutettu tai heillä ei ole tarvittavia työkaluja uutta työtä varten.
- Ihmiset löytävät tapoja kiertää muutos tai vain osa muutoksesta hyväksytään.
- Toimeenpano kestää liian kauan, jolloin ihmisten menettävät kiinnostuksensa.
- Organisaatiossa jatkuu tulipalojensammuttamiskulttuuri suunnitelmallisuuden ja prosessiajattelun sijaan.
- Resursseja tuhlataan tai aliarvioidaan.
- Uutta prosessia ei ymmärretä, jolloin se ei toimi tehokkaasti.
- Muutoksesta aiheutuu merkittäviä kustannuksia ja luottamus johtajuuteen katoaa.

Edellä listatut asiat johtuvat taas käytännössä kolmesta eri asiasta, eli tuen puutteesta, sopeutumiskyvyn heikkoudesta sekä epäselvyyksistä toimeenpanossa. Nämä pystytään välttämään parhaiten, kun visio ja toimeenpanosuunnitelma on tarkoin määritelty ja selkeästi kommunikoitu. Lisäksi toimeenpanon ajankodan on oltava tarkoin mietitty, jotta ajankohta olisi mahdollisimman suotuista organisaation tilanteeseen nähden. Henkilöstölle on myös annettava tarvittavaa koulutusta sekä implementointi on resursoitava sen edellyttämällä tavalla. Nämä asiat ovat perusedellytyksiä menestyksekkäälle toimeenpanolle. (Cassidy & Guggenberger 2000, s. 184-185).

Muutoksen toimeenpanon jälkeen uutta prosessia on seurattava ja kehitettävä jatkuvasti. Seurannan avulla saadaan selville muutosten vaikutukset. Ilman seurantaa prosessi voi myös alkaa muuttua epäsuotuisaan suuntaan nopeastikin. Muutama viikko toimeenpanon päättymisen jälkeen on lisäksi pidettävä jälkipuintikokous, jossa käydään läpi toimeen-

panoon liittyviä kehityskohteita niiden henkilöiden kanssa, jotka ovat olleet mukana toimeenpanon eri vaiheissa. Kokouksen tarkoituksena on tuoda esiin havaittuja kehityskohteita tulevien toimeenpanojen kannalta. Keskeisiä kysymyksiä ovat (Cassidy & Guggenberger 2000, s. 185-186):

- Miten uusi prosessi toimii paremmin vanhaan nähden?
- Millaisena muutoksen toimeenpano koettiin?
- Mitä olisi voitu tehdä paremmin, jotta toimeenpano olisi ollut sujuvampi?
- Mitä osa-alueita uudessa prosessissa on parannettava?
- Mitä ehdotuksia on tulevaisuuden kehitysprojekteja ajatellen?

Prosessien kehittämisen on oltavaa jatkuvaa, koska parannettavaa löytyy aina. Lisäksi teknologioiden ja liiketoimintaympäristön muutokset pakottavat jatkuvaan kehittämiseen. Asiakkaiden odotukset kasvavat jatkuvasti, liiketoiminnan vaatimukset muuttuvat ja uusia teknologioita tulee saataville. Pystyäkseen reagoimaan koko ajan muuttuviin vaatimuksiin ja odotuksiin, on jatkuvan parantamisen asenne saatava juurrutettua yrityksen organisaatiokulttuuriin. Kulttuurin muutos kohti jatkuvaa parantamista mahdollistetaan, kun toimeenpannut muutokset analysoidaan jälkikäteen ja mietitään parannettavia osa-alueita jatkoa ajatellen, kuten edellä kuvattiin. (Cassidy & Guggenberger 2000, s. 186-187).

2.5 Tiedonhallinta ja sen vaikutus toimintaan

Tiedonhallinnalla tarkoitetaan niiden prosessien ja järjestelmien hallintaa, jotka luovat, hankkivat, varastoivat, jakavat ja käyttävät tietoa. Tiedonhallinnan avulla pyritään auttamaan ihmisiä ja organisaatioita pääsemään käsiksi, prosessoimaan ja käyttämään tietoa tehokkaasti. Tämä mahdollistaa organisaatioiden kilpailukykyisemmän ja strategisemman toiminnan. Samaten ihmiset ovat paremmin perillä asioista ja pystyvät suoriutumaan tehtävistään paremmin. (Detlor 2012, s. 125).

Kaikki saatavilla oleva tieto ei ole tasoltaan yhtä laadukasta. Organisaatioissa kärsitäänkin usein tiedon laatuongelmista ja siten organisaatiot eivät pysty tukemaan toimintojaan niin kuin pitäisi. Tiedon laadun tason määrittelevät useat eri tekijät, joista seuraavaan lisään on koottu keskeisimmät (Borek et al 2014, s. 11-12):

- Saavutettavuus
- Saatavuus
- Tarkkuus
- Täydellisyys
- Merkityksellisyys
- Luotettavuus
- Ajantasaisuus
- Ymmärrettävyys
- Esittämistapa

- Formaatti
- Johdonmukaisuus

Edellä olevan perusteella tiedon laatu on heikkoa, kun tieto on esimerkiksi väärässä formaatissa, epätarkkaa, epätäydellistä, vaikeasti saatavilla tai vanhentunutta. Syitä heikolle laadulle on useita. Organisaatiolla voi esimerkiksi olla paljon vuosien myötä kertynyttä tietoa, joka sisältää virheitä. Järjestelmät saattavat olla myös heikosti integroitua toisiinsa eikä niiden toiminnallisuus ole sillä tasolla, jota todellisuudessa vaadittaisiin. Tietoa ei myöskään ylläpidetä, jotta ajantasaista tietoa olisi saatavilla. Lisäksi tiedonkeruuta pidetään usein toissijaisena verrattuna organisaation muihin prosesseihin. (Borek et al 2014, s. 14).

Heikko tiedon laatu vaikuttaa liiketoimintaan eri tavoin. Vaikutusta on niin talouteen, tuottavuuteen, tyytyväisyyteen kuin riskeihin ja vaatimustenmukaisuuteen. Turhia kustannuksia aiheutuu, kun prosessit eivät toimi kunnolla ja tehdään esimerkiksi huonon tiedonkulun vuoksi jokin asia kahteen kertaan. Virheellisen tiedon korjaaminen ja tarpeettoman tiedon poistaminen aiheuttavat myös ylimääräisiä kustannuksia. Asiakastyytyväisyys ja työntekijöiden tyytyväisyys kärsii ja päätöksenteko on tehottomampaa. Lisäksi strategian ja päämäärien luominen sekä strategian toteuttaminen on vaikeampaa. (Borek et al 2014, s. 18-19).

Projektimaisessa toiminnassa tiedolla ja sen kommunikoinnilla on erityisen tärkeä rooli. Projektien menestyksekkyyteen vaikuttavat suuresti tiedon hankinnan sujuvuus, tiedon valmistelu, vaihto ja levittäminen sekä tallennus ja haku. Jotta kaikki nämä asiat pystytään toteuttamaan tehokkaasti, pitää menettelytavat olla hyvin suunniteltu ja määritelty. Tällöin mahdollistetaan se, että jokaisessa projektissa noudatetaan samoja menettelytapoja sekä käytetään samoja järjestelmiä. (Lester 2007, s. 289).

Tiedonhallintaa koskevassa suunnitelmassa on määriteltävä vähintään seuraavassa listauksessa esitellyt aihealueet (Lester 2007, s. 289):

- Tiedonhallintasuunnitelman tarkoitus ja tavoitteet
- Asiakirjatyypit, jotka suunnitelma kattaa
- Valtuudet eri asiakirjojen tuottamiseen
- Tiedon jakamisen menetelmät
- Tiedon tallentamisen menetelmät
- Tiedonhaun menetelmät sekä tiedon hankinnan ja muokkauksen luvat
- Menetelmät tiedonsaannin kuittaukseen
- Tietoon liittyvät turvajärjestelyt
- Tiedon palauttamiseen liittyvät järjestelmät
- Tiedon muutoksenhallinta
- Asiakirjojen jakeluaikataulu
- Noudatettavat standardit
- Tiedon säilyttämisaikaan liittyvät asiat

Tiedonhallintasuunnitelman tarkoituksen ja tavoitteiden on määrä osoittaa henkilöstölle, että tiedonhallintasuunnitelma on olennainen osa sujuvaa toimintaa. Asiakirjatyyppeihin, jotka suunnitelma kattaa, kirjataan kaikki halutut asiakirjatyytit, kuten kirjeenvaihdot asiakkaan ja toimittajien kanssa, tekniset tiedot, piirustukset, tekniset ja taloudelliset raportit sekä kokousmuistiot. Tiedot asiakirjatyytit voivat olla luonteeltaan sellaisia, että vain tietyillä henkilöillä on lupa tuottaa niitä, minkä vuoksi tarvittavat valtuudet on myös määriteltävä. Tietoa voidaan jakaa joko sähköisesti tai paperisena. Tämän vuoksi on määriteltävä soveltuvimmat jakotavat eri asiakirjoille. Tiedon jakamisen tavoin myös tiedon tallentaminen voidaan tehdä sekä sähköisesti että fyysisesti, joten tallennusmenetelmät eri asiakirjoille on määriteltävä. Lisäksi tieto on tallennettava jäsennellysti perustuen määriteltyyn hakemistorakenteeseen. Tiedonhaku onnistuu helpoiten, kun tiedostot on hyvin indeksoitu ja helposti tunnistettavissa. Mikäli arkistointijärjestelmä on huonosti suunniteltu tai sitä ei pidetä ajan tasalla, niin asiakirjojen etsintään tuhlautuu aikaa huomattavia määriä. (Lester 2007, s. 290).

Henkilöt, jotka saavat tarkastella ja mahdollisesti muokata tietoja, on määriteltävä tarkoin. Näiltä henkilöiltä on myös löydyttävä soveltuvat ohjelmistot tiedostojen avaamiseen ja mahdollisesti muokkaamiseen. Tiedonkulku vastaanottajalle voidaan varmistaa vaatimalla vastaanottajaa kuittaamaan määritellyllä tavalla lähettäjälle, että tiedot on vastaanotettu. Salaiseksi luokiteltujen tai muutoin arkaluontoisten asiakirjojen pääsy väärin käsiin pitää estää sopivin menetelmin, jolloin tiedostot voidaan esimerkiksi suojata salasanoin. Varmuuskopiointiperiaatteiden määrittely on myös tärkeää, jotta pahimmassakin tapauksessa tiedostot saadaan palautettua. Muutoksenhallintamenetelmät ja -järjestelmät ovat tärkeitä versio- ja jakeluhallinnan kannalta, jotta varmistutaan, että kaikki työskentelevät uusimpien versioiden, päätösten ja ohjeistusten perusteella. Asiakirjojen jakeluaikataulu määrittää, kuka lähettää asiakirjan, milloin ja kenelle. Tiedonhallinnassa noudatettavat standardit voivat olla esimerkiksi yhtiön sisäisiä ohjeistuksia tai suosituksia kansainvälisiltä instituutioilta. Tärkeintä on, että noudatettavat standardit on määriteltävä. Tiedon säilyttämisaikavaatimuksiin vaikuttaa paikoin myös lainsäädäntö. Asiakirjoille on täten määriteltävä noudatettavat arkistointiajat. (Lester 2007, s. 291-292).

Hyvä tiedonhallinnan taso tuo mukanaan paljon etuja. Ensinnäkin voidaan olla varmoja, että toiminta perustuu tietoon, joka on tarkkaa, ajantasaista ja täydellistä. Lisäksi päätöksiä pystytään tekemään nopeammin ja päätökset johtavat oikeiden toimenpiteiden toteuttamiseen, kun oikea tieto on oikeassa paikassa oikeaan aikaan ja oikeassa formaatissa sekä saatavilla oikeille ihmisille. Kun paras mahdollinen tieto on saatavilla, työntekijät pystyvät myös toteuttamaan velvollisuutensa tehokkaammin. Hyvällä tiedonhallinnalla pystytään lisäksi luomaan mainetta luotettavana ja avoimen toimijana sidosryhmien näkökulmasta. (Borek et al 2014, s. 24).

3. TUOTANNON KEHITTÄMINEN LEAN-PERIAATTEIDEN MUKAISESTI

Tässä luvussa käsitellään tuotannon kehittämistä Lean Manufacturing -periaatteella. Luvussa 3.1 kerrotaan lyhyesti Lean Manufacturingin taustasta sekä sen perusajatuksista ja keskeisistä teemoista. Luvussa 3.2 esitellään Toyotan lähestymistavat liiketoimintaan ja luvussa 3.3 luodaan katsaus hukkaan käsitteenä. Luvussa 3.4 käsitellään tarkemmin Lean Manufacturingin mukaisen tuotannon kehittämisen vaiheita ja periaatteita. Lopulta lukuun 3.5 on kerätty keskeisimpiä työkaluja periaatteiden toimeenpanoon.

3.1 Taustaa ja perusajatus

Lean Manufacturing juontaa juurensa autonvalmistaja Toyotan kehittämään Toyota Production Systemiin, lyhyemmin TPS:ään. Toyotalla havahduttiin jo ennen toista maailmasotaa siihen, ettei perinteinen autojen massatuotanto, jota Ford harjoitti Yhdysvalloissa, voinut toimia Japanissa. Massatuotannon periaate oli valmistaa suuret määrät muutamaa erilaista automallia. Japanin markkinat olivat kuitenkin tähän liian pienet ja kysyntä oli liian hajanaista. Toyotan piti tämän vuoksi muokata Fordin massatuotantojärjestelmää sellaiseksi, joka pystyisi tuottamaan pieniä määriä monenlaisia eri automalleja. Tämä edellytti tuotantojärjestelmältä korkean laadun, matalien kustannusten, lyhyiden läpäisy-aikojen ja joustavuuden saavuttamista samanaikaisesti. (Liker 2003, kpl. 2).

Myöhemmin 1950-luvulla Toyotan johtajien vierailu Yhdysvaltoihin tutkimaan sikäläistä valmistusta osoitti heille, että amerikkalaisten tavassa valmistaa tuotteita oli paljon heikkouksia, eivätkä periaatteet olleet kehittyneet juurikaan verrattuna 1930-luvun massavalmistukseen. Tuotteet joutuivat odottamaan pitkiä aikoja seuraavaa työvaihetta, josta seurasi suuret varastot ja riski useiden viallisten tuotteiden ja osien valmistukseen ennen vikojen havaitsemista. Lisäksi työpisteet olivat epäkäytännöllisiä ja epäjärjestyksessä. Edellä mainitut asiat ja havainnot toimivat lähtölaukauksena Toyotan oman tuotantojärjestelmän kehittämiseksi, joka lopulta vuosikymmenten aikana kehittyi käsitteeksi TPS, jota Toyotan ulkopuolella kutsutaan usein Leaniksi, Lean Manufacturingiksi tai Lean Productioniksi. (Liker 2003, kpl. 2).

Perinteinen prosessien kehittäminen perustuu arvoa lisäävien vaiheiden kehittämiseen, kun taas Leanin mukaisessa kehittämisessä keskitytään arvoa lisäämättömien vaiheiden poistamiseen. Perinteisen kehittämisen ongelma on se, että arvoa lisääviä vaiheita on prosessissa yleensä melko vähän, jolloin niiden kehittämisellä ei ole suurta vaikutusta kokonaisprosessiin. (Liker 2003, kpl. 3). Tämä on yksi lisäsy siihen, miksi tässä työssä tarkastellaan tuotannon kehittämistä juurikin Leanin näkökulmasta soveltuvien osien.

Lean Manufacturing perustuu asiakaslähtöisyyteen ja hukan eliminointiin sekä samanaikaisesti laadukkaiden tuotteiden toimittamiseen ajallaan ja mahdollisimman vähäisin kustannuksin. Hukkaa tai tuhlausta ovat kaikki ne toimenpiteet, jotka kuluttavat resursseja, mutta eivät lisää arvoa tuotteeseen, tuotantoon tai asiakkaalle. Lean tarjoaakin tavan tehdä enemmän vähemmällä eli vähemmällä ihmisten panoksella, välineistöllä, ajalla ja tilalla. Samanaikaisesti sen avulla pyritään tarjoamaan asiakkaille yhä enemmän sitä, mitä asiakkaat todella haluavat. (Womack & Jones 2003, s. 15).

Jotta asiakkaille voitaisiin tarjota sitä, mitä he oikeasti haluavat, täytyy tuotantoprosessia tutkia asiakkaan näkökulmasta. Tämä on Lean-ajattelun lähtökohta. Asiakas voi olla joko sisäinen asiakas tai ulkoinen asiakas. Sisäinen asiakas on tuotantoprosessissa oleva seuraava työvaihe ja ulkoinen asiakas taas lopullinen asiakas. Keskeinen asia on siis miettiä, mitä asiakas todellisuudessa haluaa prosessilta. Tätä kautta päästään arvon määrittämiseen, joka on Lean Manufacturing –tuotannonkehittämisprosessin, joka muodostuu viidestä vaiheesta, ensimmäinen vaihe. Tätä kehittämisprosessia ja sen vaiheita tarkastellaan myöhemmin tarkemmin. (Liker 2003, kpl. 3).

Usein ajatellaan, että Leania ei pystytä soveltamaan toimintaympäristöissä, joissa on pienet tuotantovolyymit ja suuri tuotevariaatioiden määrä. Tämä virheellinen käsitys perustuu siihen, että Leanin ollessa lähtöisin Toyotalta, uskotaan sen toimivan vain sarjavalmistustyyppisessä ympäristössä. Toki on selvää, että tiettyjen työkalujen soveltaminen voi olla ongelmallista muun tyyppisissä ympäristöissä. Tällöin onkin tärkeää, että osataan valikoida juuri ne työkalut, jotka auttavat haluttujen tavoitteiden saavuttamisessa kyseisessä toimintaympäristössä ja joiden soveltaminen on kyseisessä toimintaympäristössä mahdollista ja järkevää. Pienempää painoarvoa voidaan vastaavasti antaa sellaisille työkaluille, jotka eivät sovellu toimintaympäristöön parhaalla mahdollisella tavalla. (Dixon 2007, s. 18-19).

3.2 Toyotan lähestymistapa liiketoimintaan – 14 periaatetta

Toyotan menestyksenkäs liiketoiminta perustuu 14 keskeiseen periaatteeseen ja niiden noudattamiseen. Ensimmäinen näistä koskee johdon päätöksiä, joiden pitää perustua pitkän aikavälin filosofiaan, vaikka ne vaikuttaisivatkin lyhyen aikavälin taloudellisiin tavoitteisiin negatiivisesti. Koko organisaatio on kehitettävä tekemään työtä yhteistä päämäärää kohti ja siten nostamaan koko yritys seuraavalle tasolle. Päämäärän on oltava joltain suurempaa kuin rahan tekeminen. Arvon luominen asiakkaalle, yhteiskunnalle ja taloudelle on lähtökohta ja jokaista yrityksen toimintoa on arvioitava niiden kyvykkyydellä tehdä tätä. On oltava vastuullinen ja luotettava omiin kykyihin sekä ylläpidettävä ja parannettava niitä taitoja, jotka mahdollistavat lisäarvon tuottamisen. (Liker 2003, kpl. 4).

Toinen periaate on luoda hyvin virtaavat, jatkuvat prosessit, jotta ongelmat löydetäisiin. Työprosessit on suunniteltava uudelleen, jotta saavutetaan runsaasti arvoa tuottava jat-

kuva virtaus. Kaikesta siitä ajasta, joka kuluu siihen kun työ ei etene, on pyrittävä pääsemään eroon. Materiaali ja tieto on saatava virtaamaan nopeasti sekä prosessit ja ihmiset yhdistettävä saumattomasti toisiinsa, jotta ongelmat havaitaan välittömästi. Todellinen jatkuva parantaminen ja ihmisten kehittäminen saavutetaan, kun virtauksesta tehdään silminnähtävää läpi koko organisaation. (Liker 2003, kpl. 4).

Kolmas periaate on imuohjauksen käyttäminen, jotta saadaan vältettyä ylituotantoa. Tuotantoprosessin seuraavalle vaiheelle toimitetaan sitä mitä se tarvitsee, silloin kun se tarvitsee ja sen määräisenä kuin se tarvitsee. Keskeneräistä tuotantoa ja varastointia minimoidaan varastoimalla vain pieniä määriä tarvittavia osia ja varastoja täydennetään kuluksen mukaan. (Liker 2003, kpl. 4).

Neljäs periaate on tasoittaa työkuorma. Tämä koskee sekä ihmisiä, että koneita. Kaikilla tuotantoprosessin osilla pitää olla sama työkuorma, jotta vältetään niin yli- kuin alikuormitustilanteet sekä tuotantoaikataulujen väliset erot eri tuotantoprosessinosien välillä. (Liker 2003, kpl. 4).

Viides periaate on rakentaa kulttuuri, jossa haluttu laatu saavutetaan heti ensimmäisellä kerralla eikä vasta korjaamisten jälkeen. Nykyaikaisten laadunvarmistusmenetelmien käyttö toimii apuna tämän tavoitteen saavuttamisessa. Lisäksi koko organisaation on opittava toimimaan siten, että työ lopetetaan tai sitä hidastetaan, jotta laatu saadaan kohdilleen heti ensimmäisellä kerralla. Tällainen toiminta parantaa tuottavuutta pitkällä aikavälillä. Organisaation tarvitaan myös tukijärjestelmiä, joiden avulla ratkaistaan nopeasti ongelmia ja tehdään tarvittavat toimenpiteet vastaavien ongelmien toistumisen ehkäisemiseksi. (Liker 2003, kpl. 4).

Kuudes periaate on standardoitujen työtehtävien luominen. Tämä toimii perustana jatkuvalla parantamiselle, henkilöstön voimaantumiselle sekä toimintojen virtaukselle ja imuohjaukselle. Käytännössä on mahdotonta parantaa mitään prosessia ennen kuin prosessi on standardoitu ja siten vakiinnutettu. Mikäli prosessissa ilmenee koko ajan vaihtelua, kehitystoimenpiteiden tuloksetkin hukkuvat vaihtelun joukkoon eikä tulosten vaikutusta pystytä analysoimaan. (Liker 2003, kpl. 12). Prosessin ennustettavuus sekä säännöllinen ajoitus ja tuotos saavutetaan, kun käytetään vakaita ja toistettavia menetelmiä kaikkialla. Standardoinnissa päästään liikkeelle standardoimalla nykyhetken parhaat käytännöt. Standardointeja on päivitettävä säännöllisin väliajoin, kun käytännöt ja toimintatavat kehittyvät. Kehittämisen kannalta tärkeää on sallia luovuus ja yksilöiden eri näkemykset, jotta uusia käytäntöjä syntyisi. (Liker 2003, kpl. 4).

Seitsemäs periaate on käyttää visuaalista ohjausta, jotta ongelmat eivät jää piiloon. Esimerkiksi yksinkertaisten merkkivalojen avulla voidaan viestittää onko prosessin jokin osa normaalissa tilassa vai onko sen tila normaalista poikkeava. Tietokonenäyttöjen käyttämisestä pitäisi välttää silloin, kun vaarana on, että työntekijän huomio siirtyy pois itse työpisteestä. Suunnittelemalla ja luomalla yksinkertaisia visuaalisia järjestelmiä tuotantoon,

voidaan tukea prosessien virtausta ja imuohjausta. Raportointia pitäisi kehittää siten, että raportoitavat asiat mahtuvat aina yhdelle arkille. (Liker 2003, kpl. 4).

Kahdeksas periaate koskee käytettävää teknologiaa. Teknologian pitää olla luotettavaa, läpikotaisin testattua ja sen pitää palvella ihmisiä ja prosesseja. Teknologian pitää nimenomaan tukea henkilöstöä eikä korvata heitä. Yleensä paras vaihtoehto on saada prosessi sujumaan ensin täysin manuaalisesti, ennen kuin siihen lisätään teknologiaa avuksi. Lisäksi aina pitäisi käyttää tunnettua, varmaa teknologiaa uuden ja testaamattoman teknologian sijaan. Muutoin prosessin virtaus vaarannetaan, koska uusi teknologia voi olla epäluotettavaa ja vaikeasti standardoitavissa. Tämän vuoksi pitää uutta teknologiaa aina vähintäänkin testata kunnolla, ennen käyttöönottoa. Henkilöstöä pitää kaikesta huolimatta rohkaista miettimään uusia teknologioita, pohdittaessa uusia ideoita työskentelyn tehostamiseen. Teknologia, jonka tiedetään parantavan prosessin virtausta, kannattaa tietysti ottaa käyttöön mahdollisimman nopeasti, kunhan sitä on ensin kunnolla mietitty ja testattu. (Liker 2003, kpl. 4).

Yhdeksäs periaate on kasvattaa johtajia, jotka ymmärtävät päivittäisen työn yksityiskohteisesti, omaksuvat yrityksen filosofian ja opettavat sitä muille. Johtajat toimivat yrityksen filosofian ja liiketoimintavan roolimalleina. Paras vaihtoehto on kasvattaa johtajia organisaation sisältä, ulkoa ostamisen sijaan. (Liker 2003, kpl. 4).

Kymmenes periaate on kehittää kyvykkäitä ihmisiä ja tiimejä, jotka seuraavat yrityksen filosofiaa. On luotava vahva ja vakaa kulttuuri, jossa yrityksen arvot jaetaan laajasti ja niiden mukaan toimitaan. Yksilöitä ja tiimejä on koulutettava työskentelemään yrityksen filosofian mukaisesti, jotta saavutetaan erinomaisia tuloksia ja kulttuurin vahvistamiseksi on tehtävä jatkuvasti työtä. Yksilöitä on myös opetettava jatkuvasti työskentelemään tiimeissä kohti yhteistä päämäärää. Laadun ja tuottavuuden sekä virtauksen parantamiseksi on hyvä käyttää moniammatillisia tiimejä, joissa eri osastojen henkilöt yhdessä ratkovat ongelmia. (Liker 2003, kpl. 4).

Yhdestoista periaate on kunnioittaa partneriverkostoa ja toimittajia haastamalla heitä ja auttamalla heitä kehittymään. Partnereita ja toimittajia pitää kohdella kuin he olisivat osa yrityksen toimintaa. Heille pitää asettaa haastavia tavoitteita ja myös auttaa heitä saavuttamaan ne. (Liker 2003, kpl. 4).

Kahdestoista periaate on, että myös johto menee tuotantoon paikan päälle ratkomaan ongelmia ja kehittämään prosesseja. Tällöin saa parhaan ymmärryksen tilanteesta eikä ymmärrys jää pinnalliseksi. Ajattelun ja puheen pitää perustua henkilökohtaisesti varmistettuun tietoon, eikä siihen mitä muut ihmiset tai tietojärjestelmät sanovat. (Liker 2003, kpl. 4).

Kolmastoista periaate koskee päätöksentekoa ja päätösten toimeenpanoa. Päätökset pitää tehdä hitaasti ja yksimielisyyteen perustuen, siten että kaikki vaihtoehdot tulevat mietityksi. Ei pidä valita yhtä suuntaa, johon lähtee suin päin, ennen kuin kaikki vaihtoehdot

on mietitty läpikotaisin. Ongelmista ja ratkaisuista pitää keskustella kaikkien niiden kanssa, joihin asia vaikuttaa ja kerätä heiltä ideoita ja lopulta muodostaa yhteinen näkemys ratkaisusta. Tällainen yksimielisyyteen perustuva prosessi on aikaa vievää, mutta sen avulla saadaan laajempia näkemyksiä ratkaisujen etsintään. Lisäksi kun päätös on tehty, voidaan ratkaisu toteuttaa nopeasti. (Liker 2003, kpl. 4).

Neljästoista ja viimeinen periaate kertoo, miten organisaatiosta tulee oppiva. Kun on saavutettu vakaat prosessit, käytetään jatkuvan parantamisen työkaluja tehottomuuden juurisyiden löytämiseksi sekä korjaavien toimenpiteiden toimeenpanemiseksi. Prosessit on suunniteltava siten, että varastoja ei käytännössä tarvita. Tällöin saadaan hukattu aika ja resurssit esille kaikkien nähtäväksi. Hukan paljastumisen myötä, annetaan työntekijöille tehtäväksi hyödyntää jatkuvan parantamisen prosessia hukan poistamiseksi. Organisaation tietotaitoa on ylläpidettävä kehittämällä tukeva ja kestävä henkilöstöpohja. Projektien virstanpylväissä ja projektien jälkeen on tutkisteltava avoimesti, missä mentiin viikaan ja sitä kautta, mitä voidaan tehdä, etteivät samat virheet toistu uudelleen. Oppimista tapahtuu myös standardoimalla parhaat käytännöt. Ei ole järkevää ns. keksiä pyörää uudelleen jokaisen uuden projektin ja johtajan myötä. (Liker 2003, kpl. 4).

3.3 Hukka käsitteenä

Leanin keskeinen päämäärä on hukan eliminointi. Koska hukka ei lisää arvoa prosessiin tai sen tulokseen eikä siten asiakkaalle, sen poistaminen on perusteltua ja samalla hukan poistamisen tai vähentämisen avulla saadaan tehostettua toimintaa. Hukkaa on kolmea eri lajia, jotka ovat ylikuormitus, epätasaisuus sekä arvoa lisäämätön toiminta. Usein yrityksissä keskitytään lähinnä arvoa lisäämättömän toiminnan poistamiseen, mutta myös kaksi muuta hukan lajia ovat tärkeitä, kun organisaatiosta halutaan tehdä kunnollinen Lean-organisaatio. (Liker 2003, kpl. 3; De Feo & Juran 2010, kpl. 11.5).

Ylikuormitus hukkana tarkoittaa kohtuuttomia töitä, joita kohdistetaan työntekijöille ja koneille huonon organisoinnin vuoksi. Näitä ovat muun muassa tavaroiden liikuttelu, painavien taakkojen siirtely, vaaralliset tehtävät ja työskentely merkittävästi normaalia nopeammin. Ylikuormitus voidaan määrittää myös ihmisten tai koneiden luonnollisten rajojen ylittämisenä. Ihmisten ylikuormittamisesta seuraa turvallisuus- ja laatuongelmia, kun taas koneiden ylikuormittamisesta seuraa konerikkoja ja -vikoja. Ylikuormituksesta päästään eroon luomalla standardoituja työtapoja ja -järjestyksiä. Standardoitu työ on kaiken kaikkiaan helpompaa, halvempaa ja hallittavampaa. (Liker 2003, kpl. 10; De Feo & Juran 2010, kpl. 11.5).

Epätasaisuus hukkana tarkoittaa prosessissa olevaa vaihtelua, kuten tuotantovolyymien, läpäisyajan ja laatutason vaihtelut. Työmäärän vaihtelu on normaalia, sillä joskus työtä on enemmän kuin kapasiteettia ja joskus vähemmän. Epätasaisuus aiheutuu epäsäännöllisistä tuotantoaikatauluista tai vaihtelevista tuotantovolyymeista, jotka johtuvat sisäisistä ongelmista, kuten virheistä, puuttuvista osista tai rikkiinäisistä laitteista. Epätasaisuuden

seurauksena syntyy arvoa lisäämätöntä toimintaa. Epätasaisuuden poistamiseksi käytetään Just-in-Time (JIT) -periaatetta. Tätä periaatetta noudatettaessa toimitetaan oikea osa, oikeaan aikaan ja oikean määräisenä seuraavalle tuotantovaiheelle. Tällöin muodostuu imuohjaukseen perustuva järjestelmä, jossa toimitetaan prosessin seuraavalle vaiheelle sen tarpeet vasta silloin kun niitä tarvitaan, tarvetta vastaavina määrinä. Edeltävä prosessin vaihe ei myöskään tee lisää osia varastoon, ennen kuin siihen on tullut seuraavalta vaiheelta impulssi. (De Feo & Juran 2010, kpl. 11.5; Liker 2003, kpl. 10).

Arvoa lisäämätön toiminta voidaan jakaa kahdeksaan eri tyyppiin. Nämä ovat ylituotanto, odottaminen, turhat kuljetukset ja siirrot, yli- ja tehonprosessointi, varastot, tarpeettomat liikkeet sekä virheet. (Liker 2003, kpl. 3).

Ylituotannolla tarkoitetaan sellaisten tuotteiden valmistamista, joille ei ole olemassa tilausta. Tämä synnyttää ylimääräisiä varasto-, kuljetus- ja henkilöstökustannuksia. Ylituotannon voidaan katsoa olevan hukan muodoista haitallisin, sillä se itsessään aiheuttaa muita hukkatyyppejä. (Liker 2003, kpl. 3).

Odottamista voi syntyä monesta eri syystä. Näitä ovat esimerkiksi työvaiheessa tarvittavien työkalujen ja osien odottaminen, automaattisen koneen vahtiminen tai laitteiden hajoaminen ja niiden korjaamisen aiheuttama odottelu. Tarvittavien osien odottaminen itsessään voi taas vastaavasti olla seurausta materiaalipuutteista, edellisessä työvaiheessa syntyneistä prosessointiviiveistä tai kapasiteetin riittämättömyyden synnyttämistä pullonkauloista prosessissa. (Liker 2003, kpl. 3).

Tarpeettomia kuljetuksia ja siirtoja ovat materiaalien, osien ja valmiiden tuotteiden kuljettaminen varastoon ja sieltä pois sekä eri prosessien välillä. Lisäksi turhaksi voidaan luokitella keskeneräisen työn kuljettaminen pitkiä matkoja. (Liker 2003, kpl. 3).

Yliprosessoinnilla tarkoitetaan hukkaa, joka syntyy, kun tehdään ominaisuuksiltaan ja laadultaan parempia tuotteita kuin edellytetään. On siis muistettava aiemmin mainittu ohje siitä, että toimitetaan sitä, mitä asiakkaat haluavat. Tämä tarkoittaa, ettei toimiteta huonompaa tuotetta, mutta ei myöskään parempaa. Yliprosessointi voi käytännössä ilmetä esimerkiksi siten, että tuotantoprosessissa on työvaiheita, joita ei oikeasti edes tarvittaisi. Tehottomalla prosessoinnilla tarkoitetaan prosessointia, joka syntyy huonojen, tarpeeseen sopimattomien työkalujen käytön ja heikon tuotesuunnittelun seurauksena. Tämä aiheuttaa tarpeettomia liikkeitä sekä laatuvirheitä tuotteisiin. (Liker 2003, kpl. 3).

Liian suuret ja tarpeettomat varastot raaka-aineita, keskeneräistä työtä ja valmiita tuotteita aiheuttavat monia ongelmia. Ensinnäkin ne pidentävät tuotteiden läpäisyaikaa. Toiseksi ne lisäävät riskiä tuotteiden vanhentumiseen ja vahingoittumiseen, kun tuotteet joutuvat odottamaan varastoissa pitkiä aikoja. Myös kuljetus- ja varastointikustannukset kasvavat. Lisäksi tarpeeton ja liiallinen varastointi vaikeuttaa muiden mahdollisten tuotantoon liit-

tyvien ongelmien havaitsemista. Näitä ovat muun muassa tuotannon epätasapaino, tavaran-toimittajien myöhäiset toimitukset, materiaali- tai tuoteviat, koneiden ja laitteiden seikakiajat sekä pitkät asetusajat. (Liker 2003, kpl. 3).

Tarpeettomat liikkeet viittaavat työntekijöiden työssään tekemiin, mutta vältettävissä oleviin liikkeisiin. Tällaista on muun muassa osien, työkalujen ja tarvikkeiden etsimisen yhteydessä tehtävät liikkeet, kuten kävely sekä esineitä kohti kurkottaminen. (Liker 2003, kpl. 3).

Tuotteisiin syntyvät virheet ovat myös luonnollisesti hukkaa. Virheelliset tuotteet vaativat joko korjausta tai pahimmassa tapauksessa kokonaan korvaavan tuotteen valmistamista alusta saakka. Tällöin aiheutuu turhaa työtä niin valmistukseen kuin tuotteiden tarkastukseenkin. Ylimääräinen työ hukkaa myös aikaa, joka olisi voitu käyttää muiden tuotteiden valmistukseen. (Liker 2003, kpl. 3).

Edellä esitetyt seitsemän arvoa lisäämätöntä hukan lajia ovat perinteisiä Leanin hukan lajeja. On kuitenkin ehdotettu myös kahdeksatta hukkaa, joka on työntekijöiden luovuuden hyödyntämättömyys. Tämä ilmenee hukattuna aikana, ideoina, taitoina, parannuksina ja oppimismahdollisuuksina. Nämä ovat taas seurausta yksinkertaisesti siitä, ettei työntekijöitä ja heidän ajatuksiaan osata kuunnella. (Liker 2003, kpl. 3).

3.4 Tuotannon kehittämisen vaiheet ja periaatteet

Lean Manufacturing -periaatteen mukainen tuotannonkehittämisen prosessi voidaan jakaa viiteen vaiheeseen ja periaatteeseen. Ensimmäinen vaihe on arvon määrittäminen. Toinen vaihe koostuu arvoketjun tunnistamisesta ja arvoa lisäämättömien vaiheiden poistamisesta, kun taas toimintojen virtauttaminen on kolmas vaihe. Neljäs vaihe on imuohjauksen hyödyntäminen ja viimeinen eli viides vaihe täydellisyyden tavoittelu. (Womack & Jones 2003, s. 16-23.) Seuraavaksi näihin vaiheisiin luodaan tarkempi katsaus.

3.4.1 Arvon määrittäminen

Arvon määrittäminen ei ole ainoastaan ensimmäinen vaihe Leanin mukaisessa tuotannonkehittämisen prosessissa, vaan se on myös erittäin keskeinen vaihe koko prosessin kannalta. Arvon luo valmistaja tuotteen, palvelun tai niiden yhdistelmän avulla, mutta arvo itsessään voidaan määrittää vain asiakkaan kautta. Tämän vuoksi asiakaslähtöisyys on niin keskeistä Lean-ajattelussa. (Womack & Jones 2003, s. 16-19).

Asiakkaalle arvoa luovat tuotteen, palvelun tai niiden yhdistelmän ominaisuudet. Lisäksi maksettavan hinnan suhde saataviin ominaisuuksiin nähden voi joko lisätä tai vähentää asiakkaan kokemaa arvoa. Täten on tärkeää selvittää, mitä asiakas todellisuudessa haluaa. Arvo saadaankin selville määrittelemällä yhdessä tietyn asiakkaan kanssa tarkasti tiettyjen tuotteiden tai palvelujen tiettyjen ominaisuuksien luoma arvo tietyllä hinnalla. Tämän

jälkeen voidaan määrittää, mitä tämän arvon toimittaminen asiakkaalle tuotannon kannalta tarkoittaa. Väärän tuotteen tai palvelun tarjoaminen, vaikka se tehtäisiinkin oikealla tavalla, on hukkaa. (Womack & Jones 2003, s. 16-19).

Arvon määrittäminen ei kuitenkaan aina ole niin helppoa, miltä se nopeasti ajatellen saat-
taa kuulostaa. Tämä on seurausta valmistajien ja asiakkaiden ajattelutavan kapeudesta. Valmistajat haluavat usein tehdä sitä, mitä he ovat aina ennenkin tehneet. Asiakkaat taas vastaavasti eivät osaa pyytää täysin uusia tuotteita, vaan tyytyvät korkeintaan tarjolla olevien tuotteiden muunnoksiin. Lisäksi arvoa uudelleen määritettäessä, se tehdään usein yksin eikä valmistajan ja asiakkaan yhteistyönä sekä määrityksessä päädytään lopulta helposti perusasioiden, kuten matalien kustannusten ja nopean toimituksen pariin. Keskeistä olisi kuitenkin syrjäyttää perinteiset ajattelutavat, jotta voitaisiin selvittää todelliset tarpeet. (Womack & Jones 2003, s. 31).

3.4.2 Arvoketjun tunnistaminen ja arvoa lisäämättömien vaiheiden poistaminen

Arvoketjulla tarkoitetaan kaikkia niitä toimenpiteitä, jotka vaaditaan tietyn tuotteen, palvelun tai niiden yhdistelmän tuottamiseksi. Arvoketjun avulla toimitetaan toisin sanoen arvoa asiakkaalle. Arvoketju voidaan jakaa kolmen eri osa-alueen toimenpiteisiin. Ongelmanratkaisu on osa-alue, joka käsittää sarjan toimenpiteitä konseptin suunnittelusta, yksityiskohtaisen suunnittelun kautta, tuotannon aloittamiseen saakka. Tiedonhallinta taas käsittää toimenpiteet tilauksen vastaanotosta yksityiskohtaiseen aikataulutukseen ja lopulta toimitukseen. Tuotannon kannalta keskeistä on kolmas osa-alue, joka on fyysinen muutosprosessi, jossa sarjalla toimenpiteitä muunnetaan eli jalostetaan raaka-aineista valmiita tuotteita asiakkaille. (Womack & Jones 2003, s. 19).

Arvoketjun tunnistamisella tarkoitetaan edellä mainittujen toimenpiteiden tarkkaa tunnistamista ja määrittelyä erikseen jokaisen tuotteen, palvelun tai niiden yhdistelmän kohdalla. Eli toisin sanoen hyödykkeen koko arvoketju on purettava mahdollisimman pieniin itsenäisiin osiin. Tunnistetut toimenpiteet voidaan jakaa kolmeen kategoriaan. Ensimmäinen kategoria on toimenpiteet, jotka luovat arvoa asiakkaalle. Toinen kategoria on toimenpiteet, jotka eivät luo arvoa asiakkaalle, mutta niitä tarvitaan joka tapauksessa hyödykkeen suunnittelun, tuottamisen ja toimittamisen mahdollistamiseksi. Kolmannen kategorian toimenpiteet ovat sellaisia, jotka eivät luo arvoa asiakkaalle ja jotka voidaan poistaa välittömästi. (Womack & Jones 2003, s. 37-38).

Toiminnan ja tuotannon kehittäminen saadaan alkuun poistamalla ensin arvoa lisäämättömät toimenpiteet, jotka ovat Leanin näkökulmasta hukkaa ja tarkemmin sanoen tyypin kaksi hukkaa. Edellä mainittuja toisen kategorian toimenpiteitä eli niitä, jotka ovat välttämättömiä kyseisellä hetkellä, mutta eivät lisää arvoa, voidaan alkaa poistaa tämän jälkeen. Kyseessä on tyypin yksi hukka. (Womack & Jones 2003, s. 38). Hukan poistami-

seen Lean tarjoaa useita eri keinoja, joita käsitellään myöhemmin tarkemmin. Huomion-arvoista on se, että tuotannossa tuotteen arvoa lisäävien eli jalostavien vaiheiden, kuten koneistuksen ja kokoonpanon, osuus kokonaistuotantoajasta voi usein olla vain muutama prosentti. Loput käytetystä ajasta on arvoa lisäämätöntä. Tämä aika kuluu aiemmin mainittuihin hukan lajeihin, kuten kuljetuksiin, asetuksiin ja odotuksiin. Näin ollen kehittämisen varaa on yleensä huomattavan paljon. (Liker 2003, kpl. 3).

3.4.3 Toimintojen virtauttaminen

Hukan poistamisen jälkeen vuorossa on toimintojen virtauttaminen. Sillä tarkoitetaan arvoa luovien vaiheiden organisoimista siten, että hyödyke saadaan virtaamaan prosessin läpi mahdollisimman nopeasti ja mahdollisimman vähäisin panoksin. Tämä vaatii jälleen perinteisten ajatusmallien hylkäämistä ja ennakkoluulotonta asennetta. Usein ajatellaan, että toiminta on tehokasta, kun toiminnot on jaettu osastoihin ja työtä tehdään isoina erinä. Tuotannon kohdalla tämä tarkoittaa esimerkiksi tietyn osan tietyn työvaiheen tekemistä tietyssä paikassa suurina määrinä kerrallaan, ennen kuin uusi osatyyppeä otetaan työn alle. Työvaiheen jälkeen tämä suuri erä siirretään odottamaan seuraavaa työvaihetta. Tämän tyyppinen toiminta on kuitenkin kaukana hyvin virtaavasta prosessista, sillä siinä ilmenee monia hukan lajeja, kuten odottamista ja varastointia. (Womack & Jones 2003, s. 21-23).

Prosessit voidaan kuitenkin muuttaa hyvin virtaaviksi. Ideaalitulasssa hyvin virtaava prosessi on ominaisuuksiltaan vakaa, jatkuva, liikkeitä tuhlaamaton ja häiriötön eikä se sisällä erämuotoista toimintaa tai jonottamista. Tuotannon kohdalla tämä tarkoittaa tuotteen valmistamista keskeytyksettä raaka-aineista valmiiksi tuotteeksi. Virtauttaminen edellyttää kolmen eri asian yhtäaikaista huomioimista. Näistä ensimmäinen on keskittyminen itse hyödykkeeseen, eikä mihinkään muuhun, ja sen pitäminen mielessä alusta loppuun. Toinen asia on olla välittämättä perinteisistä rajoista, jotka koskevat esimerkiksi työtehtäviä ja toimintoja, jotta pysytään poistamaan esteet virtauksen tieltä. Kolmas asia käsittää työtehtävien ja työvälineiden sekä niiden hyödyntämisen uudelleenajattelun, jotta voidaan poistaa väärän suuntainen virtaus, virheet ja häiriöt ja siten mahdollistaa jatkuva virtaus. (Womack & Jones 2003, s. 22, 52).

Tuotannossa tuotteen keskeytymätöntä valmistusta voidaan edesauttaa muodostamalla tuotantosoluja, joiden sisällä valmistetaan yksi tuote kerrallaan vaihe vaiheelta alusta loppuun. Solu sisältää kaikki tuotteen valmistamiseen tarvittavat koneet ja laitteet ja ne ovat lähellä toisiaan. Solussa valmistettavat tuotteet ovat yleensä tiettyä tuotetyhmää, jolloin tuoteryhmän tuotteiden välillä on aina pieniä eroja. Tämän vuoksi solun koneilta ja laitteilta edellytetään joustavuutta eli niiden asetuksia on pystyttävä muuttamaan nopeasti ja vaivattomasti, jotta suuria tuotantokatkoksia ei syntyisi. Myös koneiden ja laitteiden toimintavarmuuden täytyy olla huippuluokkaa. Lisäksi solussa työskentelevien ihmisten täytyy olla monipuolisia osaajia, jotka pystyvät tekemään kaikkia solun työtehtäviä. Tällä estetään tuotantokatkoksia, jotka johtuvat esimerkiksi poissaoloista. Edellä mainitut asiat ovat ideaalisia, mutta eivät aina kuitenkaan täysin mahdollisia. Tärkeintä on kuitenkin

pyrkii minimoimaan eräkoot sekä asetusajat niin pieniksi kuin olemassa olevilla koneilla ja laitteilla on mahdollista. (Womack & Jones 2003, s. 60-61).

Hyvin virtaava tuotanto, jossa yksi tuote valmistetaan kerralla alusta loppuun ilman väli-varastointeja, tarjoaa useita etuja perinteiseen erätuotantoon verrattuna. Ensinnäkin laatu paranee huomattavasti, kun jokainen osa tarkastetaan työntekijän toimesta ja mahdolliset virheet korjataan, ennen osan lähettämistä eteenpäin. Tällöin virheellisiä osia tai tuotteita ei pääse seuraaviin työvaiheisiin eikä myöskään kerääntymään varastoihin. Mahdollisten virheiden syihin päästään puuttumaan lisäksi välittömästi ja voidaan samalla tehdä tarvittavat korjaavat toimenpiteet. Joustavuus lisääntyy lyhempien läpäisyajkojen seurauksena, jolloin voidaan reagoida nopeammin asiakkaan mahdollisesti muuttuviin vaatimuksiin. Tällöin esimerkiksi valmistettavan tuotteen vaihtuessa, pystytään tuotanto muokkaamaan nopeasti vastaamaan uutta tarvetta. Myös tuottavuus kasvaa, kun arvoa lisäämättömän toiminnan, kuten kuljetusten ja odotuksen, määrä pienenee, jolloin aikaa pystytään käyttämään tehokkaammin arvoa lisääviin vaiheisiin. Varastointitarpeen väheneminen taas vapauttaa suoraan lattiapinta-alaa sekä pääomaa muuhun käyttöön. Turvallisuus paranee, kun trukkeja ei tarvitse käyttää niin paljoa, vähentyneen varastoinnin ja siten kuljetusten vuoksi. Eräkoon pienentäminen taas vähentää nostoihin liittyviä onnettomuuksia, kun ei nosteta ja siirrellä suuria kasoja osia kerrallaan. Lisäksi työntekijöiden tyytyväisyys kasvaa, kun he tekevät enemmän arvoa lisäävää työtä ja näkevät välittömästi työnsä tuloksen. (Liker 2003, kpl. 8).

3.4.4 Imuohjaus

Imuohjauksella tarkoitetaan asiakkaan tilauksen perusteella toimimista eli asiakas niin sanotusti imee/vetää hyödykkeen prosessin läpi. Toisin sanoen hyödykettä tai sen osaa ei pidä tuottaa, ennen kuin prosessin seuraava vaihe sitä pyytää. (Womack & Jones 2003, s. 67). Näin ollen imuohjaus mahdollistaa asiakkaan haluamien hyödykkeiden toimittamisen oikeaan aikaan ja oikean määräisinä. Tämä vähentää varastoinnin tarvetta sekä yli-tuotannonriskiä. Imuohjaukselle vastakohta on työntöohjaus. Siinä asiakkaalle niin sanotusti työnnetään hyödykkeitä säännöllisin väliajoin, eikä ajatella sitä, tarvitseeko asiakas niitä todella sillä hetkellä. Tämä aiheuttaa tarpeettoman suurien varastojen kertymistä, niin valmistajalle kuin asiakkaallekin. Toimitukset perustuvat työntöohjauksen tapauksessa ennustettuihin tarpeisiin, kun taas imuohjaukseen siirryttäessä ennusteet voidaan unohtaa, koska toimitaan vain todellisen tarpeen perusteella. (Liker 2003, kpl. 9).

Lean-tuotannon kannalta ideaalisin tilanne olisi, jos pystyttäisiin tilauksen perusteella valmistamaan yksittäinen tuote kerrallaan ja täysin keskeytyksettä. Tällöin toimittaisiin siis täysin tilausten perusteella eikä prosessinvirtaus katkeaisi milloinkaan, jolloin varastojakaan ei syntyisi. Tällainen toiminta on kuitenkin käytännössä mahdotonta, vaikka siihen on kaikin keinoin pyrittäväkin, sillä aina syntyy jostain syystä katkoksia tuotannonvirtaukseen, vaikka niitä kuinka yritettäisiin eliminoida. Tämän vuoksi vaaditaan pieniä

varastoja, eli niin sanottuja puskurivarastoja, tuotantoprosessin eri vaiheiden välille, jotta virtauksen keskeytymättömyys voidaan taata paremmin. (Liker 2003, kpl. 9).

3.4.5 Täydellisyiden tavoittelu

Kehittäminen Leanin keinoin ei ole kertaluontoista toimintaa. Aina voidaan vähentää panna, aikaa, tilaa, kustannuksia ja virheitä sekä vastata paremmin asiakkaan tarpeisiin. Tämä tarkoittaa, että edellä esitettyjä periaatteita käydään läpi yhä uudelleen ja uudelleen etsittäessä mahdollisuuksia kehittää toimintaa. Tästä on kyse täydellisyiden tavoittelussa, joka ei siis käytännössä olekaan kehittämisprosessissa viimeinen vaihe, vaan uuden kierroksen alku. (Womack & Jones 2003, s. 25).

Huomionarvoista kehittämisprosessin vaiheissa on niiden vuorovaikutus toisiinsa, mikä osaltaan mahdollistaa jatkuvan parantamisen. Arvon saaminen virtaamaan nopeammin paljastaa hukkaa prosessista. Imuohjauksen voimakkaampi käyttö taas tuo esille prosessissa olevia hidasteita. Lisäksi vain tiettyyn tuotteeseen keskittyneiden ryhmien käyttö, eli solumuotoinen toiminta, ja suora kommunikointi asiakkaan kanssa auttavat määrittämään arvon paremmin. (Womack & Jones 2003, s. 25).

Toiminnan läpinäkyvyys ja avoimuus on erittäin keskeistä täydellisyiden tavoittelussa. Jokaisen toiminnassa mukana olevan, kuten alihankkijoiden, jakelijoiden, asiakkaiden ja työntekijöiden, on toisin sanoen pystyttävä näkemään kaikki asiat koko prosessista. Tämä mahdollistaa arvoa paremmin luovien tapojen löytämisen helpommin. (Womack & Jones 2003, s. 25).

3.5 Työkaluja kehittämisperiaatteiden toimeenpanoon

Seuraavissa luvuissa esitellään tarkemmin Leanin tarjoamia konkreettisia työkaluja kehittämistoimenpiteiden toimeenpanoon. Esiteltäviksi työkaluiksi on valittu keskeisimpiä Leanin työkaluja siten, että jokainen edellisessä luvussa kuvattu kehittämisvaihe tulee katetuksi.

3.5.1 Arvovirtakuvaus

Arvovirtakuvaus, englanniksi Value stream mapping ja lyhennettynä VSM, on tapa visualisoida prosessit yksinkertaisesti paperille, jotta prosesseja voidaan ymmärtää paremmin ja sitä kautta löytää hukkaa niistä. Arvovirtakuvaukseen piirretään prosessin materiaali- ja tietovirrat. Arvovirtakuvaus luodaan ensin nykytilasta ja tämän jälkeen tavoitetilasta, eli siitä tilasta johon halutaan päästä. Nykytilan kuvauksessa käydään läpi ja visualisoidaan kaikki ne vaiheet ja toimenpiteet, jotka nykyisellään vaaditaan tuotteen tai palvelun toimittamiseksi ja siten arvon luomiseksi asiakkaalle. Nämä vaiheet sisältävät sekä arvoa lisääviä, että arvoa lisäämättömiä vaiheita eli hukkaa. Yksityiskohtaisen kuvauksen kautta saadaan selkeä kuva koko prosessista. (Cudney et al. 2013, s. 63, 65, 67-68)

Jokaista prosessin vaihetta arvioidaan usein kriteerein. Ensinnäkin on arvioitava luoko kyseinen vaihe ylipäättään arvoa asiakkaalle. On arvioitava vaiheen kyvykkyyttä ja saatavuutta eli sen kykyä tuottaa joka kerta haluttu lopputulos niin laadullisesti kuin määrällisesti. Vaiheen joustavuutta eli kykyä nopeisiin tuotevaihdoksiin ja pienten erien valmistukseen on myös arvioitava. Lisäksi vaiheen kapasiteettitasoa on arvioitava, eli joutuuko tuote mahdollisesti odottamaan vaiheeseen pääsyä tai onko vaiheessa ylikapasiteettia. Kaikki ne vaiheet, jotka eivät lisää arvoa, olisi luonnollisestikin poistettava prosessista kokonaan. Mikäli vaiheessa taas ilmenee kyvyttömyyttä, vaihe ei ole saatavilla tarvittaessa, vaihe on joustamaton, puutteellinen tai sen kapasiteettitaso ei vastaa tarvetta, on näitä vaiheita pyrittävä parantamaan. Yksittäisten vaiheiden erillisen analysoinnin lisäksi, on arvioitava prosessin kaikkien vaiheiden suhdetta toisiinsa ja sitä kautta prosessin toimintaa kokonaisuudessaan. Toisin sanoen yksittäisten vaiheiden muodostamien kokonaisuuksien yhteensopivuutta ja sitä kautta esimerkiksi hyödykkeen virtaamisen sujuvuutta läpi koko prosessin on arvioitava. (Womack & Jones 2003, s. 316-317).

Arvovirtakuvausta tehtäessä voidaan samanaikaisesti analysoida sekä tieto- että materiaalivirtaa, jotta voidaan myös samanaikaisesti etsiä hukkaa molemmista. Tällöin voidaan tunnistaa haittaako tietovirta materiaalivirtaa vai toisinpäin. Nykytilan arvovirtakuvausten jälkeen luodaan arvovirtakuvaus tavoitetilasta. Tavoitetilan arvovirtakuvaus kuvaa prosessit ja niiden vaiheet siten, miten niiden pitäisi tulevaisuudessa toimia. Toisin sanoen kuvataan arvovirtaaminen optimaalisimmalla mahdollisella tavalla. (Cudney et al. 2013, s. 64).

3.5.2 5S

5S on yksi keskeisimpiä Lean-työkaluja, jonka avulla useimmat organisaatiot aloittavat Lean-periaatteiden toimeenpanon. 5S:n avulla pyritään luomaan turvallinen, siisti ja järjestyksessä oleva työpaikka, jossa kaikki tarvittavat työvälineet ovat helposti saatavilla. Tarkoituksena on eliminoida hukkaa prosessista ja tehdä työskentely-ympäristön parantamisesta jatkuvaa toimintaa. 5S koostuu nimensä mukaisesti viidestä eri vaiheesta, joita kaikkia tarvitaan sen menestyksekkääseen toimeenpanoon. (Liker 2003, kpl. 13; Voehl et al. 2013, s. 119). Nämä vaiheet ovat japaniksi seiri, seiton, seiso, seiketsu ja shitsuke. Englanniksi näistä käytetään termejä sort, straighten, shine, standardize ja sustain. (Liker 2003, kpl. 13).

Sort, suomeksi sortteeraus, eli erottelu on 5S:n ensimmäinen vaihe. Tässä vaiheessa kaikki 5S:n kohteeksi valitun alueen sisällä olevat tavarat käydään läpi ja erotellaan sen mukaan mitä tarvitaan ja mitä ei tarvita arvovuomiosprosessissa. Tavoitteena on poistaa alueelta kaikki se, mitä ei todellisuudessa tarvita. Erottelua tehdessä törmätään usein ongelmaan, jossa löytyy paljon sellaisia tavaroita, joita ei tarvita, mutta joista ei kuitenkaan haluta luopua. Tähän on kehitetty avuksi nk. red tagging -menetelmä, jossa työntekijät itse käyvät läpi kaikki työpisteestä löytyvät tavarat. Jokaisen tavarat kohdalla mietitään, tarvitaanko kyseistä tavaraa ja jos tarvitaan niin minkä määrällisenä sekä missä sen pitäisi

sijaita. Ne tavarat, joiden kohtalosta ei olla täysin varmoja, merkataan punaisella lapulla. Lappuun kirjoitetaan esimerkiksi, mikä tavara on kyseessä, mistä se löydettiin, milloin se löydettiin, miksi se merkittiin sekä mahdollinen sijoituspaikka. Kaikki punaisella lapulla merkatut tavarat toimitetaan lopulta erikseen määritellylle alueelle, jossa esimiehet tekevät lopullisen päätöksen tavarankohtalosta. (Liker 2003 kpl. 13; Voehl et al. 2013, s. 119-120).

Straighten, suomeksi siirrä paikoilleen, on 5S:n toinen vaihe, joka voidaan aloittaa erotelun jälkeen. Tämän vaiheen tavoitteena on järjestää kaikki työpisteeseen jääneet tavarat siten, että jokaiselle tavaralle luodaan pysyvät paikat. Tavarat, kuten työkalut ja osat, sijoitetaan siten, että useimmiten tarvittavat sijaitsevat lähimpänä työntekijää. Tavoite on, että työntekijä pystyy suoraan paikaltaan ylettymään useimmiten tarvittaviin työkaluihin tai osiin. Tavaroiden paikkoja mietittäessä on huomioitava myös työntekijöiden väliset eroavaisuudet, kuten se työskenteleekö työpisteessä sekä oikea- että vasenkätisiä. Kun kaikelle on löydetty oma paikkansa, pitää kyseiset paikat myös käydä ilmi mahdollisimman visuaalisesti, jotta kaikille on selvää, missä tavaroita jatkossa säilytetään. Vakiodut paikat edesauttavat myös työskentelyä työpisteessä, jossa työskentelee useampi työntekijä. (Liker 2003 kpl. 13; Voehl et al. 2013, s. 120).

Shine, suomeksi siivoa, on kolmas vaihe, jossa 5S:n kohteena oleva alue yksinkertaisesti puhdistetaan kauttaaltaan lattiasta kattoon. Tämä käsittää rakennuksen pintojen lisäksi myös koneiden ja laitteiden sekä kaikkien arvonaluomisprosessissa mukana olevien asioiden puhdistamisen. Siivoamisesta on lisäksi tehtävä päivittäistä ja rutiininomaista toimintaa. Säännöllinen siivoaminen toimii myös tarkastamistoimenpiteenä, jonka kautta voidaan havaita mahdollisia ongelmia esimerkiksi koneista ja laitteista, ennen kuin ne ehtivät aiheuttaa laatuongelmia tai konerikkoja. Siivoamisen yhteydessä työntekijä pystyy tarkastelemaan asioita läheltä, minkä vuoksi myös mahdollisia ongelmia on helppo havaita. (Liker 2003 kpl. 13; Voehl et al. 2013, s. 120-121).

Standardize, suomeksi standardoi, on 5S:n neljäs vaihe. Tässä vaiheessa luodaan järjestelmät ja menetelmät kolmen ensimmäisen vaiheen ylläpitämiseksi ja seuraamiseksi. Mikäli tähän vaiheeseen ei panosteta kunnolla eikä standardoinnista tehdä päivittäistä toimintaa, palataan usein takaisin vanhoihin tapoihin. Tällöin järjestys ja siisteys pääsevät rappeutumaan. Standardoinnin tavoite on nimenomaan estää paluu vanhaan järjestyksettömyyteen ja epäsiistiin tilaan. Tässä käytetään apuna esimerkiksi standardoituja tarkastuslistoja, siivousaikatauluja sekä visuaalisia kuvauksia siitä, miltä alueen pitäisi näyttää. Tätä kautta tunnistetaan ne toimenpiteet, joita vaaditaan kolmen ensimmäisen vaiheen päivittäiseen ja tehokkaaseen toteuttamiseen. (Liker 2003 kpl. 13; Voehl et al. 2013, s. 121-122).

Sustain, suomeksi ylläpito (seuranta), on 5S:n viides vaihe, jolla varmistetaan tehokkaan 5S-toiminnan ylläpito päivittäisellä tasolla hyödyntäen hyväksi havaittuja menettelyta-

poja. Tämä saavutetaan tekemällä neljän edellisen vaiheen vaatimista toimenpiteistä päivittäinen tapa. Tämä kuitenkin edellyttää, että myös tarvittava aika ja resurssit varataan 5S-toimintaan. Tätä kautta käy selväksi, että organisaatio on sitoutunut toimimaan 5S:n mukaisesti ja johto antaa toiminnalle tukensa. Hyvä tapa 5S-toiminnan pitkäjänteiseen ylläpitämiseen ja toiminnan jatkuvaan parantamiseen on säännölliset 5S-auditoinnit, jotka yrityksen johto tekee käyttäen standardoitua auditointikaavaketta. Lisäksi parhaiten suoriutuneen tiimin palkitseminen jo pelkästään symbolisesti pitää tiimien välistä kilpailuhenkä yllä ja sitä kautta luo edellytykset jatkuvalle parantamiselle. (Liker 2003 kpl. 13; Voehl et al. 2013, s. 122).

3.5.3 Total Productive Maintenance

Total Productive Maintenance (TPM), suomeksi kokonaisvaltainen tuottava kunnossapito, on 5S:n tavoin menetelmä hukan poistamiseen. TPM keskittyy kuitenkin eri osa-alueeseen, joka on valmistuslaitteiston kokonaistehokkuuden optimointi. Kokonaistehokkuus käsittää laitteiston saatavuuden, tehokkuuden ja laadun. Tämä tarkoittaa, että jokaisen koneen ja laitteen on oltava saatavilla tarvittaessa, niiden on toimittava täydellisesti ja niiden on koko ajan tuotettava vaatimukset täyttäviä tuotteita. (Nicholas & Soni 2005, s. 122). Näin ollen kokonaistehokkuutta heikentäviä osa-alueita eli hukkaa ovat laitteiston asetuksiin ja säätöön sekä korjauksiin kulutettu aika. Lisäksi hukkaa ovat huonoista säästöistä ja kuluneista osista johtuva laitteiston normaalia heikompi suorituskky sekä laitteiston suorituskvyn liika vaihtelu. (Nicholas & Soni 2005, s. 123).

TPM:n perustana on perinteinen laitteiston ylläpito. Tämä koostuu muun muassa laitteiston käyttämisestä oikein ja oikeissa olosuhteissa, ennakkoivasta ja säännöllisestä huollosta, päivittäisestä seurannasta sekä kirjanpidosta. Vasta kun nämä perusasiat ovat kunnossa, voidaan siirtyä muokkaamaan laitteita paremmin kuhunkin tarkoitukseen sopivaksi, mikä on keskeistä laitteiston kokonaistehokkuuden parantamisen kannalta. Tämä on myös ensimmäinen niistä kolmesta osa-alueesta, jotka erottavat TPM:n perinteisestä ylläpidosta. Tavoitteena on saada laitteet suoriutumaan paremmin kuin mihin ne pystyivät uutena. Tätä asiaa vaikeuttaa usein se, että laitteiston ylläpitoon ja kehittämiseen ei ole osaamista yrityksen sisällä, vaan nämä palvelut on hankittu joko laitteiston valmistajalta tai ulkopuoliselta huoltoyhtiöltä. Tällöin laitteistoa ei välttämättä saada niin helposti vastaamaan todellisia tarpeita, sillä ulkopuolisella toimijalla ei välttämättä ole kovin hyvää ymmärrystä yrityksen prosesseista ja toiminnan tavoitteista. Laitteiston suorituskvyn ja soveltuvuuden kehittäminen edellyttääkin yrityksen sisäistä valmiutta ylläpitää ja parantaa laitteistoa. Kun pystytään itse ylläpitämään, muokkaamaan ja kehittämään laitteistoja tarpeen mukaan, voidaan saavuttaa suurta etua kilpailijoihin nähden. Jo pienten muutosten avulla itse laitteissa sekä käyttö- ja ylläpitotavoissa voidaan parantaa kokonaistehokkuutta huomattavankin paljon. (Nicholas & Soni 2005, s. 126, 134-135).

Huoltohenkilökunnan uusi roolijako on toinen TPM:n perinteisestä ylläpidosta erottava osa-alue, ja keino vähentää laitteiston korjaamiseen kuluva-aikaa. Perinteisesti huoltohenkilökunta on hyvin erikoistunut väkeä. Toinen on ammattilainen sähköasioissa ja toinen esimerkiksi mekaanisissa asioissa. Tämä tarkoittaa laiterikoista johtuvien tuotantokatkosten pidentymistä, mikäli paikalle hälytetty henkilö toteaaakin vian liittyvän muuhun kuin omaan osaamisalueeseen, jolloin paikalle on kutsuttava toinen henkilö. Näin ollen jakamalla huoltohenkilökunnan roolit siten, että jokainen osaa perusasiat kaikista eri osa-alueista, voidaan korjaustoimenpiteitä nopeuttaa. Erikoisosaamistakin toki tarvitaan, mutta etenkin yksinkertaisten vikojen korjaamista tämä menettelytapa nopeuttaa. (Nicholas & Soni 2005, s. 135).

Kolmas osa-alue on ihmisten tekemien virheiden poistaminen. Osa virheistä pystytään poistamaan koulutuksen avulla, mutta tahattomia virheitä syntyy siitä huolimatta. Näitä poistetaan kehittämällä erilaisia yksinkertaisia apuvälineitä ja toimintatapoja, jotka estävät virheiden syntyminen. Tällainen on esimerkiksi laite, joka lisää aina tarvittaessa automaattisesti öljyä koneen öljysäiliöön, jolloin työntekijän ei tarvitse muistaa tarkistaa öljyn määrää. Aiemmin työntekijän unohtaessa öljyn määrään seuraamisen, saattoi kone hajota ja siten aiheuttaa tuotantokatkoksia. (Nicholas & Soni 2005, s. 135-136).

3.5.4 Solutuotanto

Solutuotanto, englanniksi Cellular manufacturing, on Lean-työkalu, jonka avulla arvoa luovat toimenpiteet pyritään järjestämään tehokkaiksi ja vähän resursseja kuluttaviksi sarjoiksi, jotka tuottavat täydellisen tuotteen asiakkaalle. Toisin sanoen pyritään hyödyntämään resursseja, eli raaka-aineita, työvoimaa, koneita ja laitteita parhaalla mahdollisella tavalla. Solutuotannon suunnittelun aikana, pyritään tunnistamaan ja poistamaan arvoa lisäämätöntä aikaa ja toimenpiteitä mahdollisimman paljon. Konkreettisella tasolla solutuotannon avulla pyritään pienentämään läpäisy-aikaa, parantamaan tuotteen laatua, vähentämään varastoja ja varastointikustannuksia sekä pienentämään tuotteen työvoimakustannusten suuruutta. (Voehl et al. 2013, s. 129-130).

Solutuotannon suunnittelussa ja toteuttamisessa on viisi keskeistä vaihetta. Ensimmäinen vaihe on ryhmitellä eri tuoteryhmät. Kaikki tuotteet on listattava ja tämän jälkeen tunnistettava kaikki ne prosessivaiheet, mitä eri tuotteet vaativat. Samat vaiheet sisältävät tuotteet voidaan ryhmitellä samaan ryhmään ja jokaiselle näille ryhmälle suunnitella ominaisensa tuotantosolu. Toinen vaihe on selvittää tuotteiden kysynnän taso tai toisin sanoen laskea tahti-aika. On siis selvitetävä jokaisen tuotteen osalta se aika, jona asiakas vaatii, että uusi tuote valmistuu eli kuinka pitkä aika on kahden valmistuvan tuotteen välissä. Tämä saadaan selville jakamalla käytettävissä oleva työaika myydyllä tuotemäärällä. Solutuotanto toimii yleensä parhaiten, kun asiakkaan kysynnän taso tuotteelle pysyy melko vakiona eikä siten vaihtelee suuresti. (Voehl et al. 2013, s. 130-131).

Kolmas vaihe on kartoittaa ja dokumentoida nykyinen työjärjestys ja työvaiheisiin käytettävä aika jokaisen tuotteen osalta. Neljännessä vaiheessa edellä pilkottuja työvaiheita yhdistellään ja prosessia tasapainotetaan, jotta pystytään vastaamaan asiakkaan kysynnän tasoon mahdollisimman jatkuvalla ja sujuvalla työn virtauksella. Viidennessä ja samalla viimeisessä vaiheessa lopulta luodaan uusi solumuotoinen työjärjestys. Työn virtauksesta tehdään suunnitelma, joka sisältää kaikki materiaalit, laitteet ja työvoiman, jotka vaaditaan uuden työjärjestyksen toteuttamiseksi. Tavoite on yksinkertaistaa materiaalivirtaus yhdistelemällä prosessin osia, minimoida materiaalinkäsittelyn tarve ja hyödyntää työntekijöitä 100 % käytettävissä olevasta vaiheajasta. Jatkuvan virtauksen saavuttaminen on lopullinen päämäärä. (Voehl et al. 2013, s. 130-131).

3.5.5 Visuaalinen ohjausjärjestelmä ja Kanban

Visuaalisen ohjausjärjestelmän, englanniksi visual control, luominen on sellaisten visuaalisten kommunikointivälineiden luomista osaksi prosessia, jotka kertovat jo lyhyen viilauksen perusteella, mitä pitäisi tehdä seuraavaksi ja miten, sekä poikkeako työn tulosstandardista. Visuaalinen ohjausjärjestelmä voi esimerkiksi kertoa, minne osat kuuluvat, kuinka monta osaa kuuluu jonnekin, mikä on standardoitu tapa tehdä jokin työvaihe ja mikä on keskeneräisen työn status. Näiden ja muiden tietojen perusteella edesautetaan työn sujuvaa virtaamista sekä varmistetaan toimenpiteiden ja prosessien nopea ja kunnollinen toteuttaminen. Visuaalisen ohjausjärjestelmän käytön päämäärä on parantaa prosessien virtausta. (Liker 2003, kpl. 13).

Kanban-menetelmä on eräs visuaaliseen ohjaukseen perustuva toimintatapa. Sitä hyödynnetään tuotannon imuohjauksessa silloin, kun keskeytyksetöntä yksittäiskappalevalmistusta ei ole vielä saavutettu tai kun sen saavuttaminen on mahdotonta prosessien ollessa liian kaukana toisistaan tai vaiheajojen vaihdellessa liikaa. Kanban-menetelmän avulla pyritään hallitsemaan ja varmistamaan tuotannon virtaus parhaalla mahdollisella tavalla yhdistämällä prosessin eri vaiheet toisiinsa saumattomasti. Kanban-järjestelmä koostuu puskurivarastoista eri työvaiheiden välillä. Varastojen ollessa Lean-ajattelussa hukkaa, on Kanban-järjestelmästäkin pyrittävä lopulta pääsemään eroon. Sen tuomat hyödyt tuotannon virtaukseen ovat kuitenkin suurempia kuin varastoista muodostuvat haitat. Kanban-järjestelmän varastot on kaikesta huolimatta pyrittävä pitämään mahdollisimman pieninä, mutta tuotanto ei kuitenkaan saa missään tapauksessa keskeytyä osien puutteeseen. (Liker 2003, kpl. 9).

Kanban on japaninkielinen sana ja se tarkoittaa yleisellä tasolla jonkinlaista merkkiä. Tuotannossa tämä merkki ilmaisee tarpeen lisäosille tietyssä työpisteessä. Merkki kertoo työntekijöille yksiselitteisesti, mitä pitää valmistaa, kuinka paljon ja minne osat toimitetaan. Toisin sanoen merkki kertoo, mitä pitää tehdä seuraavaksi. Toimimalla tällä tavoin, kaikki valmistus tapahtuu todellisen tarpeen perusteella. (Liker 2003, kpl. 9).

Perinteisesti Kanban-järjestelmä toimii erilaisten laatikoiden ja korttien avulla. Laatikko-järjestelmä toimii siten, että tyhjän laatikon lähettäminen osavalmistukseen tai osatoimittajalle on merkki toimittaa tietty määrä tiettyä osaa takaisin sinne, josta laatikko tuli. Korttien tapauksessa taas lähetetään kortti, johon on merkitty tarvittavat määrät tiettyä osaa sekä osien toimituspaikka. Samalla Kanban toimii impulssina valmistaa tai hankkia lähetettyä määrää vastaava määrä osia odottamaan seuraavan saapuvan Kanbanin tarpeita. Nykyään siirrytään käyttämään entistä enemmän elektronisia Kanbaneja, jolloin tieto liikkuu suoraan tietoliikenneyhteyksien välityksellä, jolloin tarve perinteisille menetelmille on vähenemässä. On kuitenkin huomioitava, että perinteiset menetelmät ovat yksinkertaisuudestaan johtuen erittäin tehokkaita edelleenkin. Kanban-menetelmän suurin haaste on kehittää oppiva organisaatio, joka löytää keinoja vähentää Kanbanien määrää ja siten varastointia ja lopulta eliminoida puskurivarastot. (Liker 2003, kpl. 9; Voehl et al. 2013, s. 133).

3.5.6 Kaizen

Kaizen on filosofia, joka pyrkii täydellisyyteen sekä Lean-toiminnan jatkuvaan ylläpitämiseen. Kaizen on japania ja tarkoittaa jatkuvaa parantamista. Jatkuvien pienten parannusten avulla pyritään saavuttamaan tila, jossa ei lopulta ilmenisi lainkaan hukkaa. Kaizen opettaa yksilöille taitoja tehokkaaseen pienryhmätyöskentelyyn, ongelmanratkaisuun, prosessien dokumentointiin ja parantamiseen, tiedon keräämiseen ja analysointiin sekä itseohjautuvuuteen. Kaizenin avulla päätösten- ja ehdotustentekoa siirretään työntekijöille ja ennen päätösten toimeenpanoa asioista on keskusteltava sekä saavutettava yhteisymmärrys. (Liker 2003, kpl. 2).

Kaizen-työpajat ovat tehokampanjoita, joilla pyritään saamaan nopeasti aikaan suotuisia muutoksia johonkin prosessiin tai sen osa-alueeseen. Kaizen-työpajat kestävät tyypillisesti noin viikon. Työpajaan osallistuvat henkilöt analysoivat nykyistä prosessia, kehittävät Leanin mukaisen vision prosessille ja myös aloittavat muutoksen toimeenpanon. Työpajaan osallistuu tarkasteltavasta prosessista vastuussa oleva johtaja sekä henkilöt, jotka työskentelevät prosessissa. Suositeltavaa olisi myös, että prosessin asiakkaat ja toimittajat osallistuisivat työpajaan. Kuitenkin olisi pyrittävä pitämään osallistujamäärä maksimissaan 15 henkilössä, jotta keskustelut ja toimeenpano pysyvät hallittavina. Kaizen-työpajaan kuuluu kolme erillistä vaihetta, jotka ovat valmistelu, varsinainen työpaja sekä ylläpito ja jatkuva parantaminen työpajan jälkeen. (Liker 2003, kpl. 21).

Työpajan valmisteluvaiheessa varmistetaan työpajan sujuva eteneminen sekä osallistujien ajan tehokas käyttö. Ensimmäisenä on selkeästi määriteltävä ja rajattava käsiteltävä prosessi. Toiseksi on asetettava mitattavissa olevat tavoitteet, jotka ovat linjassa yrityksen yleisten tavoitteiden kanssa. Tavoitteiden on oltava kovia, jotta osallistujat haastetaan keksimään innovatiivisiakin prosessimuutoksia. Tavoitteiden on vähintäänkin tähdättävä läpäisyajan lyhentämiseen, laadun parantamiseen sekä kustannusten karsimiseen. Kol-

manneksi on luotava alustava nykytilan kuvaus. Tässä hyödynnetään muutamaa osallistujaa, jotka kävelevät nykyisen prosessin läpi ennen varsinaista työpajaa. Nämä henkilöt dokumentoivat nykyiset työvaiheet ja niiden keston sekä odotuksiin kuluvat ajat. Neljänneksi on kerättävä kaikki olennaiset dokumentit, joita prosessissa käytetään sekä dokumentaatiot prosessiin vaikuttavista standardoiduista menetelmistä. Viidenneksi alustava nykytilan kuvaus laitetaan esille työpajaa varten varatun huoneen seinälle. (Liker 2003, kpl. 21).

Varsinainen työpaja aloitetaan käymällä läpi käsiteltävän prosessin raja- ja tavoitteet. Lisäksi käydään läpi muutamia perusasioita Leanista, kuten arvoa lisäävää ja arvoa lisäämättömän toimintaa. Ensimmäinen varsinainen tehtävä on tunnistaa prosessin asiakkaan tarpeet sekä ne prosessit, jotka tukevat tai lisäävät arvoa tämän tarpeen näkökulmasta. Tätä kautta pystytään määrittelemään arvo sekä ne toimenpiteet, jotka todella lisäävät arvoa prosessissa. (Liker 2003, kpl. 21).

Toinen tehtävä on analysoida nykytilaa. Analysointi tehdään kävelemällä prosessin läpi. Kävelyn aikana osallistujien on tarkoitus keskustella työntekijöiden kanssa saadakseen tarkempaa tietoa prosessin toiminnasta, tietoa mahdollisista ongelmista sekä ideoita asioiden parantamiseen. Kävelyn jälkeen aloitetaan alustavan nykytilan kuvauksen yksityiskohtainen analysointi. Kävelyn aikana saadun tiedon sekä osallistujien muuhun tietoon perustuen, prosessin vaiheita muokataan ja lisätään tarpeen mukaan. Lisäksi kaikki prosessiin liittyvä data, kuten tehtäviin kuluvat ajat, odotusajat ja laatutaso varmistetaan. Viimeiseksi vielä tunnistetaan kaikki arvoa lisäävä toiminta. (Liker 2003, kpl. 21).

Kolmas tehtävä on kehittää tulevaisuuden tilan kuvaus. Ennen kuin nykyistä prosessia aletaan muokata tai hahmotella kokonaan uutta prosessia, kirjaavat kaikki osallistujat kehitysehdotuksensa ylös. Tämän jälkeen kaikki ideat kerätään yhteen ja luetaan ääneen sekä kiinnitetään nykytilan kuvaukseen soveltuvimmalle kohtaan prosessia. Kun kaikki ideat on liitetty osaksi nykytilan kuvausta, osallistujat arvioivat auttavatko ideat tavoitteiden saavuttamisessa. Kaikki olennaiset tulevaisuuden tilan saavuttamisessa edesauttavat ideat listataan ja aletaan piirtää prosessin tulevaisuuden tilaa käyttäen Lean-periaatteita. Kun tulevaisuuden tila on saatu piirrettyä, lasketaan ja verrataan nykyisen prosessin suorituskykyä uuden prosessin odotettuun suorituskykyyn, jotta saadaan selville odotettujen säästöjen määrät. Tämän jälkeen ehdotus tulevaisuuden tilasta esitellään johdolle välitöntä hyväksymistä varten. Kun ehdotus on hyväksytty, siirrytään neljänteen tehtävään eli käytännön toimeenpanoon. (Liker 2003, kpl. 21).

Käytännön toimeenpanossa tulevaisuuden tilan kuvaus jaetaan pienempiin osiin ja samoin osallistujat jaetaan työskentelemään eri osa-alueiden pariin. Toimeenpanosta luodaan projektisuunnitelma, joka käsittää mitä tehdään, koska ja kenen toimesta. Kaikkia toimenpiteitä ei pystytä toteuttamaan lyhyen työpajan aikana, jonka vuoksi projektisuunnitelman tekeminen on ensiarvoisen tärkeää, jotta se ohjaa työskentelyä myös työpajan jälkeen. (Liker 2003, kpl. 21).

Viides ja viimeinen tehtävä on suorituskyvyn mittaaminen luomalla yksinkertainen seurantamittari, jotta edistymää kohti tulevaisuuden tilaa pystytään seuraamaan. Lisäksi samalla varmistetaan, että saavutettuja hyötyjä ylläpidetään pitkällä aikavälillä. Mittaamisessa pyritään käyttämään samoja mittareita, joita käytettiin nykytilan ja tulevaisuuden tilan suorituskyvyn vertailussa. Nykytilan suorituskyyarvot toimivat lähtötasona ja tulevaisuuden tilan suorituskyyarvot tavoitetasona. (Liker 2003, kpl. 21).

Työpajan jälkeinen ylläpito ja jatkuva parantaminen tähtäävät määritetyn tulevaisuuden tilan saavuttamisen varmistamiseen. Projektisuunnitelman etenemistä seurataan viikoittaisten projektiryhmän tapaamisten yhteydessä. Tapaamisessa käydään läpi projektin ja siihen liittyvien tehtävien toimeenpanon tilannetta. Tapaamisessa tarkastellaan lisäksi seurantamittareita, jotta nähdään kehitystoimenpiteiden vaikutukset sekä keskustellaan lisämahdollisuuksista parantaa prosessia. (Liker 2003, kpl. 21).

4. TUOTANTOPROSESSIN NYKYTILAN KUVAUS JA ANALYYSI

Tässä luvussa kuvataan kehittämisen kohteena olevan tuotantoprosessin nykytilaa sekä analysoidaan sitä. Kuvaus ja analyysi perustuvat kokemuksen ja havainnoin kautta saatuun tietoon kohdeyrityksen tuotantoprosessista. Luvussa 4.1 luodaan ensin melko yleisellä tasolla katsaus nykyiseen tuotantoprosessiin, jotta lukija saa ensin yleiskuvan käsiteltävästä tuotantoprosessista. Luvussa 4.1 ei vielä oteta kantaa siihen, kuinka hyvin todellisuudessa tämä prosessi ja sen eri vaiheet toimivat. Luvuissa 4.2-4.11 käsitellään tämän jälkeen yksityiskohtaisemmin tuotantoprosessin eri vaiheita ja osa-alueita sekä tuodaan samalla esille havaittuja puutteita.

4.1 Yleiskuvaus nykyisestä tuotantoprosessista

Kohdeyrityksen tuotantoprosessi käsiteltävän tuotteen osalta käynnistyy, kun myyntiorganisaatio saa asiakkaalta valmistustilauksen. Tämä tarkoittaa, että kohdeyrityksen tuotantoprosessi on build-to-order perusteista toimintaa, jossa valmistus tapahtuu täysin kysynnän eli tilauksen perusteella. (Parry & Graves 2008, s. 3). Valmistustilaukset ovat toistaiseksi kattaneet 1-6 kappaletta valmistettavia tuotteita. Tilausten välillä on toistaiseksi ollut aina eroa valmistettavien tuotteiden rakenteessa. Merkittävimmät erot ovat tuotteiden koossa, joka vaihtelee hyvinkin paljon. Myös yksittäisen tilauksen sisällä on ollut vaihtelua siinä, ovatko valmistettavat tuotteet täysin identtisiä vai ovatko ne enemmän tai vähemmän toisistaan poikkeavia.

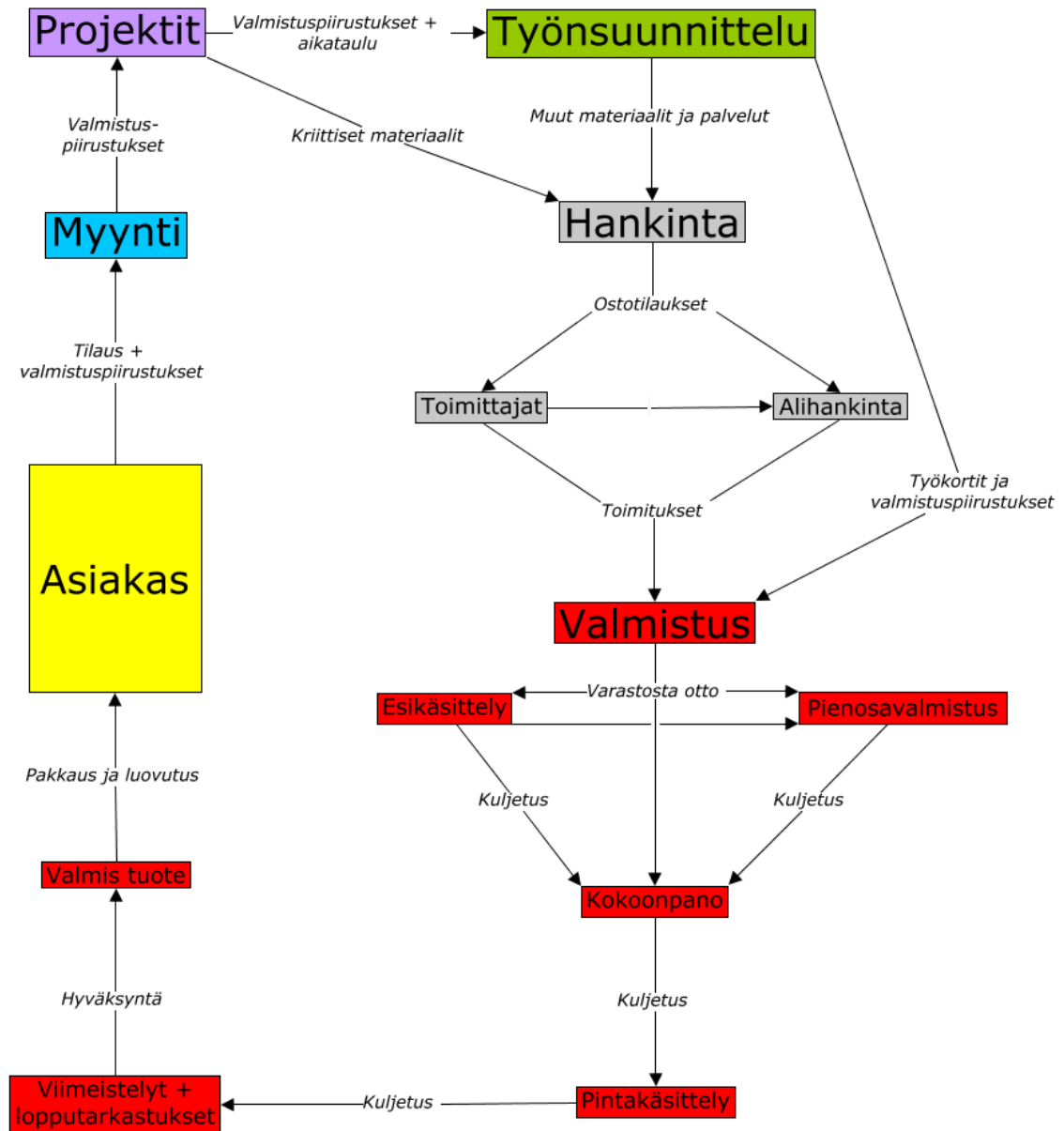
Edellä olevan perusteella käsiteltävän tuoteryhmän tuotanto voidaan luokitella yksittäistuotannoksi (Miltenburg 2005, s. 56). Yksittäistuotannolle on tyypillistä useiden erilaisten tuotteiden valmistaminen sekä tuotantovolyymien vaihtelu yhdestä kappaleesta muutamaaan. Lisäksi yksittäistuotannon layout on funktionaalinen, jossa samantyyppiset koneet ja laitteet sijaitsevat fyysisesti samalla alueella ja laitteistot ja työkalut ovat monikäyttöisiä. Yksittäistuotannossa myös materiaalivirtaus vaihtelee hyvin paljon eri töiden välillä, koneiden ja laitteiden vapautumista joudutaan odottamaan pitkään, keskeneräisen tuotannon määrä on suuri sekä toimitusajat pitkiä. Nämäkin yksittäistuotannon ominaisuudet kuvaavat hyvin kohdeyrityksen nykyistä tuotantoprosessia.

Valmistustilauksen saapumisen jälkeen, myyntiorganisaatio toimittaa tarvittavat tiedot, kuten toimitusajan ja valmistusbudjetin projektiorganisaatiolle, josta on valittu sopiva projektipäällikkö, joka alkaa hoitaa projektia. Asiakas toimittaa myyntiorganisaatiolle myös tarvittavat valmistuspiirustukset. Valmistuspiirustukset saapuvat välillä jo tilauksen yhteydessä tai sitten asiakas toimittaa ne myöhemmin, mikäli suunnittelu on esimerkiksi vielä kesken. Myyntiorganisaatio toimittaa valmistuspiirustukset projektipäällikölle, joka

luo projektia varten projektikansion, jonne myös valmistuspiirustukset tallennetaan. Projektin aloituspalaveri pyritään pitämään mahdollisimman pian projektin varmistumisen jälkeen. Projektin aloituspalaveriin osallistuvat projektin myyjä, projektipäällikkö, tuotannonjohto, ostaja sekä työnsuunnittelija. Projektin aloituspalaverissa käydään läpi myydyn projektin sisältö ja vaatimukset sekä aikataulu. Lisäksi sovitaan tehtävänjaosta ja vastuualueista eri osapuolten välillä.

Projektin työnsuunnittelu aloitetaan niin pian valmistuspiirustusten saapumisen jälkeen kuin mahdollista. Projektipäällikkö informoi työnsuunnittelija piirustusten saapumisesta ja kertoo mistä valmistuspiirustukset löytyvät. Lisäksi projektipäällikkö toimittaa laatimansa projektiaikataulun työnsuunnittelijan avuksi. Projektipäällikkö selvittää kriittiset materiaalitarpeet ja toimittaa tarvemäärät hankintaan. Muiden materiaalien ja palveluiden tarpeet hankinta saa työnsuunnittelun kautta. Hankinta tekee tarvittavat ostotilaukset tarpeiden perusteella. Ostettuja materiaaleja toimitetaan sekä kohdeyrityksen varastoon että suoraan alihankkijoille. Alihankkijat toimittavat jalostuksen jälkeen materiaalit kohdeyrityksen varastoon. Materiaalitoimitusten aikana, työnsuunnittelija saa viimeistelyä työkortituksen, jonka on tarkoitus ohjata tuote valmistusprosessin läpi. Työnsuunnittelija toimittaa työkortit sekä valmistuspiirustukset valmistusorganisaatiolle.

Ennen valmistuksen aloitusta pidetään valmistuksen aloituspalaveri, jossa projektipäällikkö käy läpi valmistuksen työntekijöiden kanssa projektin sisällön ja vaatimukset, tekniset asiat sekä aikataulun. Varsinainen valmistustyö alkaa, kun materiaalia on saapunut varastoon. Varastosta materiaalia otetaan joko esikäsittelyyn, pienosavalmistukseen tai suoraan kokoonpanoon. Mikäli materiaali käy ensin esikäsittelyssä, pienosavalmistuksessa tai molemmissa, niin jalostettu materiaali toimitetaan aina lopulta kokoonpanoon. Kokoonpanossa tuotteesta kasataan ensin alikokoonpanoja, jotka lopulta yhdistetään toisiinsa, jolloin syntyy rakenteellisesti valmis tuote. Kokoonpanon jälkeen tuote kuljetetaan tarvittaviin pintakäsittelyihin, josta tuote tuodaan takaisin kokoonpanohalliin, jossa tehdään viimeistelyt sekä lopputarkastukset. Asiakas suorittaa viimeiseksi oman lopputarkastuksensa, jonka hyväksymisen jälkeen tuote pakataan ja luovutetaan asiakkaalle. Kuvassa 1 on vielä kuvattu kaaviomuodossa nykyinen tuotantoprosessi.



Kuva 1. Nykyisen tuotantoprosessin yleiskuvaus kaaviomuodossa.

4.2 Työsuunnittelu

Uusi valmistusprojekti käynnistyy siis tuotantoprosessin näkökulmasta välittömästi, kun tilaus on varmistunut ja tilaaja toimittanut valmistuspiirustukset. Tämän jälkeen pystytään aloittamaan työsuunnitteluprosessi. Perinteinen työsuunnitteluprosessi etenee kohdeyrityksessä siten, että työsuunnittelija tallentaa tuotteen valmistusrakenteen ERP-järjestelmään, eli tuotannonohjausjärjestelmään, sekä luo tarvittavat työvaiheet ja niiden ajoituksen. Valmistusrakenne muodostuu valmistuspiirustusten osaluetteloiden nimikkeistä ja eri piirustusten välisistä riippuvuussuhteista. Toisin sanoen, kaikki tuotteen materiaalinimikkeet ja niiden määrät kirjataan järjestelmään. Tarvittavien työvaiheiden luonti perustuu myös valmistuspiirustuksiin. Kullekin materiaalinimikkeelle kohdistetaan

se työvaihe tai ne työvaiheet, jotka kyseisen nimikkeen on käytävä läpi, jotta koko tuote saadaan valmiiksi. Työvaiheita ovat muun muassa laserleikkuu, särmäys, mankelointi, mekanisoitu saumahitsaus, koneistus, sahaus, pienosavalmistus ja kokoonpano.

Vaadittujen materiaalinimikkeiden ja työvaiheiden luonnin jälkeen, työvaiheet on vielä myös ajoitettava. Ajoitukseen ja samalla eri työvaiheiden keston työnsuunnittelija saa apua organisaation tarjouslaskijan tekemästä tarjouslaskennasta kyseiselle tuotteelle, jossa piirustuskohtaiset valmistusajat on yleensä budjetoitu. Jos tätä tietoa ei ole yksityiskohtaisesti saatavilla, on työnsuunnittelijan käytettävä omaa arviointikykyään työvaiheiden keston arvioinnissa. Lisäksi projektipäällikkö toimittaa projektin aikataulun työvaiheiden ajoituksia varten. Projektipäällikön toimittamasta aikataulusta pitäisi käydä yksityiskohtaisesti selville, niin työnsuunnittelun, hankintojen, kuin itse valmistuksen suunnitellut ajankohdat.

Valmistuksen aikataulu on jaettu yleensä piirustus- tai ainakin osakokoonpanotasolle. Lisäksi jokaiselle valmistusvaiheelle on määritetty vähintään viikkokohtainen, mielellään päiväkohtainen resurssitarve tuotannonsuunnittelijaa ja tuotannonjohtoa varten, jotta tarvittavat tuotantoresurssit voidaan varata. Ajoituksen jälkeen hankintaorganisaatio saa ERP-järjestelmästä ostoimpulssit kullekin tarvittavalle materiaalinimikkeelle sekä tiedon milloin mitäkin materiaalinimikettä tarvitaan, jotta tilaukset voidaan ajoittaa optimaalisesti. Työnsuunnitteluprosessiin kuuluu lopuksi myös vielä työkorttien ja valmistuspiirustusten tulostus tuotantohenkilöstölle. Työkortteihin voidaan luoda tarvittaessa myös valmistusohjeita sekä lisätä tärkeitä huomioitavia asioita eri työvaiheille tuotantohenkilöstön tiedoksi.

Tässä työssä käsiteltävän tuotteen osalta perinteisen työnsuunnitteluprosessin mukainen toiminta aiheuttaa omia haasteita työnsuunnittelua seuraavalle vaiheelle eli hankinnalle. Tämä johtuu siitä, että tuotteessa käytettävien korkeaseosteisten ruostumattomien terästen toimitusaika on heikon saatavuuden vuoksi huomattavan pitkä, jolloin materiaalityttilaukset on tehtävä mahdollisimman pian valmistusprojektin käynnistymisen jälkeen. Usein tämä tarkoittaa, että tietyt materiaalityttilaukset olisi tehtävä alle viikon sisällä projektin käynnistymisestä, jotta koko projektin aikataulu ei vaarantuisi. Valmistusrakenteen ja työvaiheiden luonti vie kuitenkin oman aikansa ja lisäksi työnsuunnittelijalla saattaa olla useita kiireellisiä projekteja suunnittelun alla, jolloin uuden projektin työnsuunnittelua ei välttämättä päästä aloittamaan heti projektin varmistuttua. Tällöin erikoismateriaalitytarpeiden selvittäminen ja viestiminen hankintaorganisaatiolle saattaa viivästyä liian paljon.

Edellä kuvatun vuoksi tähän saakka on käytetty tapaa, jossa projektipäällikkö on listannut mahdollisimman nopeasti kaikki tarvittavat erikoismateriaalit ja toimittanut listan ostajalle hankintoja varten sähköpostilla. Helpommin saatavilla oleville materiaaleille tällaista menettelyä ei ole tarvetta käyttää näidenkään tuotteiden osalta, vaan hankintatarpeet

saadaan normaalin työsuunnitteluprosessin tuloksena. Kuitenkin projektipäällikön hoidossa erikoismateriaalien tilausmäärien selvittämisen työsuunnittelijan puolesta, kuluttaa tämä taas projektipäällikön aikaa ns. omilta töiltä. Toinen ongelma muodostuu siitä, kun hankinta saa ostoimpulsseja kahdesta eri lähteestä, työsuunnittelijalta ja projektipäälliköltä. Prosessin hallinnan kannalta olisi helpompaa, mikäli ostoimpulssit tulisivat vain yhdestä lähteestä, jolloin ristiriitojen ja epäselvyyksien riski pienenee.

Työsuunnittelun pitäisi edesauttaa projektien tavoitteiden toteutumista omalta osaltaan luomalla edellytykset selkeään ja järjestelmälliseen valmistukseen. Työn vaiheistuksen sekä aikataulutuksen oikeellisuus ja realismi ovat avain asioita, jotta työkortit ohjaisivat valmistusta siten kuin on ajateltu. Kokemusten ja havainnoin perusteella työsuunnittelu ei palvele nykyisessä muodossaan niin hyvin valmistusta, kuin se parhaimmillaan voisi. Vaiheistuksessa ja aikataulutuksessa on ajoittain puutteita. Joillekin materiaalinimikkeille saattaa esimerkiksi jäädä kohdistamatta kokonaan sille kuuluvat valmistusvaiheet. Toinen melko yleinen virhe on väärän valmistusvaiheen kohdistaminen tietylle materiaalinimikkeelle. Esimerkiksi levyosalle saattaa olla merkitty yhdeksi valmistusvaiheeksi särmäys, vaikka kyseinen muokkaus voitaisiinkin suorittaa tehokkaammin mankeloimalla. Yksi syy tähän on varmasti se, että kaikilla työsuunnittelijoilla ei ole vielä kovin paljon kokemusta käsiteltävästä tuotteesta. Lisäksi epäselvyyttä on ollut organisaation sisällä laajemminkin siitä, miten eri osat olisi kannattavinta valmistaa, jolloin on kehitetty erilaisia vaihtoehtoja eri projektien välillä. Positiivista on kuitenkin se, että sekä työsuunnittelijoiden, että koko organisaation tietämys tuotteen valmistuksesta lisääntyy selkeästi projekti projektilta.

Hankinnan kannalta työsuunnittelun pitäisi kiinnittää entistä enemmän huomiota nimikkeiden ja niihin liittyvien tietojen kirjaamiseen ERP-järjestelmään, sillä näissä kirjauksissa on välillä puutteita. Nimikkeen materiaali, tarvemäärä tai -päivämäärä voi olla väärä, jolloin ostaja hankkii väärää materiaalia, virheellisen määrän jotain nimikettä tai tilaa nimikettä liian aikaisin tai myöhään todelliseen tarpeeseen nähden. Etenkin tuotteen normaalia erikoisemmat materiaalityypit aiheuttavat joskus sekaannuksia kirjauksissa. Ostaja tekee hankinnat täysin järjestelmän tietojen perusteella, eikä ostajan ole syytä olettaa tietojen olevan virheellisiä. Toki ostajakin saattaa kokemuksen perusteella tunnistaa nimikkeitä ja huomata mahdollisia epä johdonmukaisuuksia ja pyytää työsuunnittelijaa korjaamaan virheet, mutta tämä ei kuulu oletusarvoisesti ostajan työhön.

ERP-järjestelmä mahdollistaisi vaihekohtaisen työohjeistuksen kirjaamisen työkortteihin, mutta tätä ominaisuutta hyödynnetään liian vähän. Kaikki huomautukset ja valmistusta ohjaavat ohjeistukset kirjattuna työkorttiin toisivat arvokasta lisätietoa tuotanto-organisaatiolle ja itse työntekijöille. Ohjeistuksen vähäiseen kirjaamiseen on osasyynä varmasti se, että kuten aiemmin mainittua, työsuunnittelijoilla on vielä suhteellisen vähäinen kokemus käsiteltävän tuotteen valmistusta koskevista asioista. Toisaalta liian tarkkoja ohjeistuksia ei varmastikaan ole järkevää kirjata itse työkortteihin, sillä tällöin työ-

korteista tulee herkästi liian raskaita luettavia. Tiettyjen tärkeiden huomioiden kirjaaminen olisi varmasti järkevin vaihtoehto. Tarkemmat työohjeet taas voitaisiin toimittaa erikseen työpisteisiin.

Kaiken kaikkiaan työnsuunnittelun kehittämispotentiaali on melko suuri. Työnsuunnittelua kehittämällä voidaan varmasti parantaa tuotteen valmistuksen tuottavuutta, kustannustehokkuutta ja laatua. Hyvin tehdyn suunnittelutyön voidaan olettaa helpottavan valmistusta ja sen etenemistä huomattavissa määrin, kun materiaalityrpeet on kirjattu oikein ja työkortit ohjaavat tarkasti ja selkeästi materiaalityrpeet valmistusprosessin läpi. Suurin haaste on saada yhtenäistettyä tuotteiden valmistusvaiheet sekä materiaalityrimikkeiden kirjauskäytäntö, jotta työnsuunnittelu pystyttäisiin tekemään aina samojen periaatteiden mukaisesti. Toisin sanoen työnsuunnitteluprosessia ei ole standardoitu käsiteltävän tuotteen osalta.

4.3 Projektikohtainen hankinta

Hankintaorganisaation saatua tiedon materiaalityrpeista ERP-järjestelmän ja osittain projektipäällikön kautta, kuten luvussa 4.2 kuvattiin, alkaa varsinainen hankintaprosessi. Tarkastelun kohteena olevan tuotteen osalta ensimmäisenä tilataan ne materiaalityrpeet, joiden saatavuus on haasteellisin ja siten myös toimitusaika pisin. Näitä materiaalityrpeitä ovat aiemmin mainitut korkeaseosteiset ruostumattomat teräkset.

Kaikki materiaalityrpeet tilataan tarkasteltavalle tuotteelle aina projektikohtaisesti. Tähän on syynä se, että etenkin tarvittavien ostokomponenttien fyysiset mitat vaihtelevat projektikohtaisesti. Lisäksi korkeaseosteista ruostumatonta terästä olevien materiaalityrien ja komponenttien hinta on huomattavasti korkeampi kuin perinteisten ruostumattomien terästen. Tällöin varastoitaessa pieniäkin määriä kyseisiä materiaalityrpeitä tai komponentteja syntyisi varastoinnista huomattavia pääomakustannuksia, varsinkin koska tulevien projektien määrä ja ajankohta, ja siten materiaalityrpeiden kulutus, on vaikeasti ennustettavissa.

Projektikohtaisen hankinnan vuoksi, ostaja pyytää etenkin arvokkaista materiaalityrpeistä yleensä tarjouksen muutamalta toimittajalta. Yleensä hinnat selvitetään jo projektin tarjousvaiheessa, jolloin materiaalityrpeitoimittajien hinnat ja toimitusajat ovat projektin varmistuessa tiedossa ja tilaukset voidaan tehdä suoraan sopivimpien tarjousten perusteella, edellyttäen että tarjoukset ovat edelleen voimassa. Mikäli tarjous ei ole enää voimassa, hinnat ja toimitusajat pyydetään vielä uudelleen.

Pitkän toimitusajan materiaalityrpeista ensimmäisenä pystytään tilaamaan putkisto- ja kiinnitustarvikekomponentit, koska niiden määrät saadaan nopeimmin selville. Näiden komponenttien toimitusaika vaihtelee keskimäärin 3-4 viikon välillä. Näitä komponentteja ei löydy suomalaisilta toimittajilta varastosta, vaan ne kaikki toimitetaan Euroopasta tai jopa valmistetaan tilauksen perusteella.

Korkeaseosteiset ruostumattomat teräslevymateriaalit, joista tuote suurimmilta osin koostuu, pystytään tilaamaan vasta, kun tarkka levytarve on selvillä. Projektin tarjousvaiheessa tarvittavaa levymäärää arvioidaan yleensä tarjouspyyntöpiirustusten levymassojen perusteella. Näihin massoihin lisätään tässä kohtaa tietty hukkaprocentti, joka levyleikkuussa kokemuksen perusteella keskimäärin syntyy. Todellinen levytarve saadaan selville, kun valmistuspiirustusten saapumisen jälkeen luodaan leikkuugeometriat laserleikkuuta varten ja levynkäyttö optimoidaan sijoittelemalla leikattavat kappaleet levyarkeille, mitä kutsutaan myös nestaamiseksi. Tämän vaiheen tekevät laserleikkurin ohjelmoijat ja aikaa tähän kuluu riippuen muusta työkuormasta noin 4-6 työpäivää. Kun tarvittavat määrät ovat selvillä, projektipäällikkö kommunikoi ne ostajalle, joka tekee levymateriaaleista ostotilauksen.

Korkeaseosteisten ruostumattomien levymateriaalien ostotilaus tehdään suoraan projektin tilaajalle, joka toimittaa tuotteeseen tarvittavat levymateriaalit omasta varastostaan, toimitusaikojen minimoimiseksi. Tällöin levyt saadaan keskimäärin kahden viikon toimitusajalla. Mikäli nämä levyt tilattaisiin muualta, venyisi levyjen toimitusaika helposti yli kuukauteen tai jopa useampaan kuukauteen.

Kun kaikki pitkän toimitusajan materiaalit on tilattu, on työnsuunnittelukin yleensä valmistunut, jolloin ostajan pitäisi pystyä tilaamaan helpommin saatavilla olevat materiaalit suoraan ERP-järjestelmän ostoehdotusten perusteella. Näitä materiaaleja ovat hiiliteräkset ja perinteiset ruostumattomat teräkset sekä levyinä että erilaisina komponentteina. Ongelmaksi tässä kohtaa yleensä muodostuu työnsuunnittelussa tehdyt puutteelliset kirjaukset ERP-järjestelmään. Ostaja tarvitsee hankintoja varten mahdollisimman yksityiskohdalliset tiedot tilattavista materiaalinimikkeistä, jotta voidaan varmistua hankittavien nimikkeiden oikeellisuudesta. Usein ollaan oltu siinä tilanteessa, että ERP-järjestelmästä löytyy ostoehdotusrivejä, joiden perusteella ei yksinkertaisesti pystytä tekemään riittävän tarkkaa ostotilautusta. Tästä hyvä esimerkki on laippa, jonka kuvauksesta ei löydy esimerkiksi vaadittua laippatyyppeä tai paineluokkaa. Tällöin ostajan on selvitettävä työnsuunnittelusta tai projektipäälliköltä, mitä todellisuudessa tarvitaan, Tämä selvittely vie täten monen henkilön työaikaa pois niiltä töiltä, joita oikeasti pitäisi tehdä ja on siten hukkaa.

Materiaalitilausten lisäksi ostaja tilaa erinäisiä alihankintapalveluja. Nämä palvelut sisältävät sellaisia toimenpiteitä, joita kohdeyrityksellä itsellään ei ole valmiuksia suorittaa. Näitä palveluja ovat ne laserleikkuut, joita kohdeyritys ei itse pysty tekemään, ruostumattomien teräsosien peittäys ja passivointi, hiiliteräsosien pintakäsittelyt sekä NDT-tarkastukset eli ainetta rikkomattomat tarkastukset hitsisaumoille. Näihin palveluihin ostoimpulssi on perinteisesti tullut suoraan projektipäälliköltä, työnsuunnittelun sijaan.

Kireät projektiakataulut aiheuttavat painetta hankinnalle. Hankinnan on pystyttävä tekemään ostotilaukset lähes välittömästi materiaalitarmeiden selviämisen jälkeen. Kuten työnsuunnittelua, myös hankintaa kuormittavat kuitenkin myös monet muut projektit.

Toistaiseksi hankinta on kuitenkin yleensä pystynyt hoitamaan ainakin kriittisimmät ostotilaukset riittävän nopeasti, eikä projektien aikataulu näin ollen ole vaarantunut. Ajoittain hankinta saattaa kuitenkin sekoittaa kahdesta eri lähteestä tulevat materiaalitartvetiedot. Tässä tarkoitetaan työnsuunnittelulta ja projektipäälliköltä tulevia tietoja. Vaarana on, että joitain materiaaleja tilataan esimerkiksi kahteen kertaan tai ei lainkaan. Tämän riskin minimoimiseksi kommunikaation on toimittava hyvin eri osapuolten välillä.

Tilattujen materiaalien kohdistamiseksi oikeille projekteille ja työkorteille, pitää ERP-järjestelmään kirjata oikeat tunnisteet, eli projektinnumero sekä työnnumero. Tämä on erittäin tärkeää, jotta projektien kustannusten jälkilaskenta olisi mahdollisimman totuudenmukainen sekä saapuvien materiaalien tunnistaminen helpompaa. Tässä on ajoittain puutteita, mikä johtuu yleensä siitä, kun tiettyjä materiaaleja tilataan ennen kuin työnsuunnittelu on valmistunut. Tarvittavat tunnisteet voidaan kirjata myös jälkikäteen, mutta tämä voi herkästi unohtua. Tarkoitus kuitenkin olisi, että tarvittavat tiedot olisi saatavilla ennen ostotilausten tekemistä, jotta jälkeenpäin tehtäviltä kirjauksilta vältyttäisiin. Alihankintapalvelujen kirjaamisessa järjestelmään on ollut enemmän puutteita kuin varsinaisten materiaalien kohdalla.

Materiaalitilausten ja ennen kaikkea alihankintapalvelujen tilausten jälkeen ERP-järjestelmään olisi nykyistä aktiivisemmin kirjattava kyseisen tilauksen status, eli onko tilaus tehty ja toimittaja vahvistanut tilauksen sekä ilmoitettu arvioitu toimituspäivämäärä. Tällöin ERP-järjestelmästä näkisi suoraan kunkin tilauksen statuksen, joka on arvokasta tietoa niin projektipäällikölle kuin tuotanto-organisaatiolle projektin seurannan ja mahdollisten aikataulumuutosten aiheuttamien vaikutusten ennakoimiseksi. Tällöin tätä tietoa ei myöskään tarvitsisi lähteä erikseen kyselemään hankinnalta, kun sen näkisi suoraan ERP-järjestelmästä, eikä tiedon saamiseksi tarvitsisi tehdä turhaa työtä.

Käsiteltävän tuotteen sisältämistä erikoismateriaaleista johtuen, tuotteen valmistuksen kokonaiskustannuksista materiaalit edustavat valtaosaa. Tällöin hankinnoilla voidaan vaikuttaa merkittävästikin projektien kannattavuuteen. Hankintaorganisaatio onkin etsinyt uusia toimittajavaihtoehtoja sekä kilpailuttanut eri toimittajia kustannussäästöjen löytämiseksi. Kilpailutusta pitäisi kuitenkin tehdä nykyistä aktiivisemmin, jotta kustannuskehitys saataisiin pidettyä suotuisana myös jatkossa. Kustannusten lisäksi merkittäväksi muodostuvat materiaalien toimitusajat ja ennen kaikkea kustannusten ja toimitusaikojen välinen suhde. Joskus on kokonaistaloudellisesti edullisempaa tilata materiaalia hieman kalliimmalla, jos sen myötä valmistus päästään aloittamaan huomattavasti aiemmin ja siten minimoidaan esimerkiksi riskiä ylityötarpeelle valmistuksen myöhemmissä vaiheissa.

Ostajalla on erityisen tärkeä rooli etenkin projektien alussa, jotta kaikki tarvittavat materiaalit saadaan tilattua ajoissa ja mahdollistetaan valmistuksen käynnistyminen suunnitellusti. Pystyäkseen hoitamaan työnsä, tarvitsee ostaja kuitenkin sekä työnsuunnittelijan että projektipäällikön kautta riittävät tiedot hankintojen tekemiseen. Näissä tiedoissa olevat puutteet ovat merkittävin haaste hankinnalle nykyisessä tuotantoprosessissa.

4.4 Esikäsittely ja alihankinta

Esikäsittelyllä tarkoitetaan kohdeyrityksessä materiaalin jalostamista ennen tuotteen varsinaisia kokoonpanovaiheita. Tässä työssä käsiteltävän tuotteen esikäsittelyvaiheisiin kuuluvat laserleikattavien levyosien nestaus ja laserleikkuu, särmäys, sahaus, mankelointi ja mekaaninen saumahitsaus. Alihankintana kohdeyrityksen oman laitekannan luomien rajoitteiden vuoksi ostetaan suurten levyarkkien laserleikkuut sekä putkien laserleikkuu ja taivutus. Esikäsittelyllä ja alihankinnalla on merkittävä vaikutus tuotteen valmistuksen kannalta, sillä ne syöttävät osia kokoonpanoihin ja niiden työn laadukkuus vaikuttaa merkittävästi kokoonpanojen sujuvuuteen.

Esikäsittely alkaa levyosien nestaamisella välittömästi valmistuspiirustusten saavuttua. Kuten luvussa 4.3 mainittiin, levyosien nestaamisella saadaan selville tarvittava levymateriaalimäärä. Nestaamisen tarkoitus on optimoida levynkäyttöaste ja siten minimoida materiaalihukka. Ennen varsinaista nestaamista luodaan kunkin levyosan leikkuugeometria valmistuspiirustusten perusteella nestausohjelmiston avulla. Asiakas toimittaa valmistuspiirustukset DWG-formaatissa, jotka ovat muokattavissa esimerkiksi AutoCAD-suunnitteluohjelmistolla. Valmistuspiirustuksissa on jokainen levyosa mallinnettu erikseen, jolloin suunnitteluohjelmiston avulla pitäisi saada suoraan tallennettua tarvittavat kappalegeometriat ilman muokkauksia.

Todellisuudessa asiakkaan toimittamia piirustuksia ja kappalegeometrioita joudutaan muokkaamaan usein melko paljonkin, ennen kuin kappalegeometria on sellainen, jonka myös nestausohjelmisto hyväksyy luodessaan leikkuugeometriaa. Toisin sanoen kaikki mahdolliset ylimääräiset tai puuttuvat piirteet, joita leikkuugeometrian luonnin onnistuminen edellyttää, on poistettava tai lisättävä. Yksinkertaistettuna kappalegeometrian on muodostuttava yhtenäisistä, katkeamattomista viivoista. Leikkuugeometrian luojan on myös huomioitava ja tarkastettava, että DWG-formaatissa olevan kappaleen mittakaava on oikea ja tehtävä tarvittaessa skaalaus, jotta kappaleen mitoitus täsmää annettuihin mitoihin.

Todennäköisin syy sille, miksi asiakkaan toimittamat piirustukset ovat epätäydellisiä leikkuugeometrioiden luonnin kannalta, on se, että asiakkaan luodessa 2D-valmistuspiirustuksia 3D-mallista, ohjelmisto ei ota huomioon tällaisia asioita. Tämä sama ongelma koskee poikkeuksetta lähes kaikkia asiakkaita ja heidän toimittamiaan valmistuspiirustuksia. Nestauksessa kuluukin selkeästi liikaa aikaa asiakkaan toimittamien polttomallien muokkaamiseen sellaiseen muotoon, että niiden perusteella voidaan jotain leikata. Eräs nestauksen ongelma on myös se, että kaikki polttomallit tehdään aina projektikohtaisesti. Pitäisikin pystyä hyödyntämään paremmin aiempien projektien polttomalleja, mikäli projekteissa käytetään identtisiä osia, jolloin aikaa säästyisi muuhun työhön ja nestauksen läpimenoaikaa saataisiin pienennettyä.

Työnsuunnittelun nykyinen kankeus aiheuttaa ongelmia myös nestaukselle, joka yleensä aloitetaan huomattavasti aiemmin kuin työnsuunnittelu valmistuu. Tämä aiheuttaa sekaannuksen vaaraa nestaushenkilöstölle siihen liittyen, mitä on jo tehty ja mitä on tekevä, sillä nestaajatkin käyttävät ERP-järjestelmää selvittääkseen, mitkä työt vaativat laserleikkuuvaiheen ja siten nestausta. Lisäksi nestaajat kuittaavat suoraan ERP-järjestelmään nestauksen valmistumisen kunkin työ kohdalle. Mikäli työtä ei vielä ole olemassa, on kuittauksenkin tekeminen mahdotonta ja jälkikäteen kuittausten tekeminen saattaa unohtua. Tällöin ERP-järjestelmään saattaa jäädä avoimia töitä roikkumaan pidemmäksi aikaa. Toisaalta tässä piilee myös riski, että toinen nestaaja alkaa tehdä jo tehtyä työtä, koska sitä ei ole kirjattu tehdyksi ERP-järjestelmään, jolloin tehdään turhaa työtä.

Keskeinen asia leikkuugeometrioita luotaessa on käytettävän levyarkkikoon huomiointi. Kyseessä olevalle tuotteelle arkkikoko on korkeaseosteisten ruostumattomien terästen osalta 2000 mm x 8000 mm. Arkkikoko vaikuttaa siihen, miten suurempia kappaleita pilkotaan, sillä on selvää, että esimerkiksi kappaletta, jonka ulkomitat ovat esimerkiksi 2500 mm x 9000 mm, ei pystytä leikkaamaan yhdestä arkista. Tällaisten arkille mahtumattomien kappaleiden pilkkominen pienempiin osiin jää aina kohdeyrityksen tehtäväksi.

Nestauksessa tehdyillä pilkkomiskäytännöillä voidaan joko helpottaa tai vaikeuttaa tuotteen osien kokoonpanoa huomattavastikin. Kohdeyrityksen nestaajat ovat kokeneita ja he osaavat melko itsenäisesti tehdä ratkaisuja eri vaihtoehtojen välillä kappaleiden pilkkomisesta suunniteltaessa, ottaen huomioon myöhemmät valmistusvaiheet ja materiaalikäytön. Haastavampien kappaleiden pilkkomisesta keskustellaan tarvittaessa projektipäällikön ja tuotannon edustajien kanssa.

Perusajatuksena kappaletta pilkottaessa on, että pyritään minimoimaan samalla lisääntyvä hitsisauman määrä ja sitä kautta turha työ. Toisaalta samalla pyritään maksimoimaan myös levynkäyttöaste, jotta materiaalikustannukset saadaan minimoitua. Lisäksi huomioidaan pilkkomisesta seuraavat mahdolliset muuhun valmistukseen vaikuttavat asiat, kuten muiden työstökoneiden työalat sekä kokoonpanohitsauksen helppous. Rakenteellisesti, etenkin tuotteen suurikokoisen vaipan osalta, on erittäin tärkeää, että peräkkäisten lohkojen välille ei tule jatkuvia saumoja ns. pystysaumojen kohdille. Tällainen heikentää tuotteen rakennetta, minkä vuoksi peräkkäisten lohkojen pystysaumot sijoitetaan siten, että niiden väliin jää aina vähintään muutama sata millimetriä. Edellä kuvatuista asioista ei kuitenkaan löydy virallista ohjeistusta, jolloin käytännöt eri nestaajien välillä vaihtelevat ja riski sille, että jokin asia jää huomioimatta kasvaa. Tällöin huomioimatta jäänyt asia saattaa tulla vastaan myöhemmissä valmistusvaiheissa ja pahimmassa tapauksessa aiheuttaa kalliitakin lisä-/muutostöitä.

Seuraavia työvaiheita ja etenkin kokoonpanoa huomattavasti auttava asia on, jos leikkuugeometrioiden luonnin yhteydessä, kappalegeometrioihin lisätään avustavia merkkauksia. Tämä tarkoittaa, että laserleikkauksen yhteydessä laserilla ns. kaiverretaan kappaleen

pintaan tietoja. Kohdeyrityksessä on tapana merkata kappaleen piirustusnumero sekä osan numero lähelle kappaleen jotakin kulmaa. Lisäksi pyritään käyttämään erinäisiä merkin-
töjä, jotka helpottavat osien kohdistamista toisiinsa kokoonpanovaiheessa. Osanumeroin-
tien ja apumerkintöjen lasermerkkauksia käytetään yleisesti ottaen hyvin, mutta yhtenä-
inen ohjeistus merkkauksille puuttuu, jolloin merkkausperiaatteet saattavat erota nestaa-
jien välillä, mikä voi aiheuttaa sekaannuksia myöhemmissä valmistusvaiheissa.

Leikkuugeometrioiden luonnin jälkeen tehdään varsinainen nestaus ja luodaan leikkuu-
ohjelma laserleikkurille. Tuotteen valmistuksessa käytettävä suuri arkkikoko aiheuttaa
sen, että kohdeyrityksen on leikattava suuret arkit alihankintaleikkuuna. Tällöin näille
materiaaleille ei tarvitsisi luoda leikkuuohjelmaa, koska alihankkija tekee kuitenkin itse
nestaustyön omalla ohjelmistollaan, joka on yhteensopiva heidän laitteidensa kanssa. Täl-
löin riittäisi, kun näitä materiaaleja olevista osista tehtäisiin pelkästään polttomallit. Ilman
levynkäytön optimointia kohdeyritys ei tällä hetkellä kuitenkaan saa selville levytarvetta
riittävän tarkasti, eikä kalliita materiaaleja haluta tilata turhaan liikaa. Vaarana on toki
myös, että materiaalia tilataan liian vähän. Alihankinnassa leikattavien kappaleiden nes-
taustyö kohdeyrityksessä voidaankin luokitella Leanin näkökulmasta tyypin yksi hukaksi.
Alihankkijalle lähetetään lopulta vain leikkuugeometriat sekä tieto leikattavista kappale-
määristä materiaaliakohtaisesti. Tarvittavien tiedostojen ja tietojen kokoaminen sekä lähe-
tys ovat kuuluneet toistaiseksi projektipäällikön tehtäviin. Tämän tehtävän näkisi kuiten-
kin soveltuvan luonteestaan johtuen paremmin työnsuunnittelijalle.

Alihankkija toimittaa leikatut osat kohdeyritykselle yhdessä tai useammassa erässä riip-
puen leikattavasta materiaalmäärästä. Materiaaleja on yleensä kolmea eri laatua ja eri-
laisten osien lukumäärä on huomattava. Tästä syystä osien lajittelu on erityisen tärkeää.
Alihankkija hoitaa lajittelun annettujen ohjeiden mukaisesti. Lajittelun ohjeistusta on sel-
keästi vielä kehitettävä, jotta valmistus saadaan sujuvasti käyntiin kohdeyrityksessä, eikä
aikaa tuhlaudu osien etsintään ja uudelleen lajitteluun. Osien etsintään ja uudelleen lajit-
teluun joudutaan käyttämään ajoittain paljonkin aikaa, mikä on täysin turhaa työtä ja siten
hukkaa Leanin näkökulmasta. Lajitteluohje on yleensä tehty projektikohtaisesti, mutta
yhtenäinen lajitteluohje, jota voisi käyttää jokaisessa projektissa, edesauttaisi materiaalin
hallintaa. Lajitteluperusteet pitäisi kuitenkin ensin käydä tarkkaan läpi, jotta lajittelu pal-
velisi mahdollisimman hyvin valmistuksen tarvetta ja etenemistä.

Vaikka jokainen osa on merkattu piirustus- ja osanumerolla, on lisäksi tapana pyrkiä
merkkaamaan jokainen osa vielä myös värikoodilla materiaaliin perustuen. Merkkau-
s tehdään vasta kohdeyrityksessä joko ensimmäisen valmistusvaiheen yhteydessä tai osien
lajittelun yhteydessä, mikäli osia joudutaan lajittelemaan vielä uudelleen niiden saavuttua
alihankkijalta. Merkkauksen tarkoitus on erottaa eri materiaalit nopeasti toisistaan, ennen
kaikkea oikean hitsauslisäaineen valinnan helpottamiseksi. Tällöin kunkin osan materi-
aalia ei tarvitse erikseen katsoa piirustuksen osaluettelosta. Materiaaleille tehtävä väri-
koodimerkkauuskäytäntö pitäisi kuitenkin myös yhtenäistää ja ohjeistaa tapahtuvaksi aina
samassa työvaiheessa sekaannusten välttämiseksi.

Kohdeyritys leikkaa yleensä omalla laserleikkurilla tuotteen valmistuksessa tarvittavat hiiliteräslevyt 20 mm:n paksuuteen saakka sekä perinteiset ruostumattomat teräkset 10 mm:n paksuuteen saakka. Näitä paksummat osat leikkautetaan tarvittaessa alihankintana. Kohdeyrityksen omalla laserleikkurilla tehtävät laserleikkuut tapahtuvat käsiteltävän tuotteen osalta melko sujuvasti. Ajoittain ilmenee kuitenkin ongelmia siinä, mihin mikään leikattu osa pitäisi seuraavaksi toimittaa. Tämä johtuu puutteellisesta tiedoista joko työkortissa tai työkortin mukana seuraavassa leikkuudokumentissa. Yksi asia, johon on myös kiinnitettävä huomiota, on leikattavien levyjen sulatusnumeroiden dokumentointi oikein, jotta projektien dokumentaation hallinta helpottuu. Ajoittain on ilmennyt tapauksia, joissa ei ole kirjattu sulatusnumeroa, vaan jokin muu levyn pinnassa oleva koodi. Sulatusnumero on kyllä saatu selvitettyä jälkikäteen, mutta tällainen ylimääräinen selvittely lisää jälleen turhaa työtä.

Tuotteen spesifikaation vaihteluiden vuoksi, välillä myös putkiosia on tarve leikata laserilla. Tämäkin työ hankitaan alihankintana, koska kohdeyrityksellä itsellään ei ole putki-laserleikkuulaitteistoa. Kohdeyritys toimittaa putkimateriaalin alihankkijalle, joka leikkaa putket lähetettyjen piirustusten mukaisesti. Putkien laserleikkuu sujuu yleensä jouheasti. Pienempi halkaisijaisten putkien osalta on ajoittain ilmennyt ongelmia leikkuussa syntyvien metalliroiskeiden tarttuessa kiinni putken sisäpintaan. Tällöin roiskeet joudutaan poistamaan ennen putkivalmistuksen aloittamista. Putkistojen laserleikkaajilla on omat tapansa estää roiskeiden tarttuminen, mutta sitä on muistettava myös vaatia, mikäli näin halutaan toimittavan. Täten vältetään roiskeiden poistamiselta ja siten turhalta työltä. Leikattujen putkiosien seuraava valmistusvaihe on hitsaus. Tämän vuoksi leikkuuseen lähetettäviä piirustuksia muokataan sen verran, että myös sopivat hitsausrailot syntyvät suoraan leikkuun tuloksena. Muokkauksen piirustuksiin on tehnyt toistaiseksi aina projektipäällikkö, mutta tämäkin työ sopisi työn luonteesta johtuen paremmin työnsuunnittelijalle. Tarvittavista muokkauksista puuttuu kuitenkin ohjeistus, joka olisi tehtävä, jotta käytännöt saataisiin yhtenäistettyä.

Osa tuotteen levyosista särmätään laserleikkuun jälkeen. Särmättäviä osia ovat lähinnä tietyt tukirakenteet ja sisäiset levyrakenteet. Lisäksi osa tuotteessa olevista kartiorakenteista on usein särmätty. Tämä koskee erityisesti pienempiä kartioita, mutta myös suurempiakin kartioita on särmätty tarvittaessa. Särmäysprosessissa itsessään ei ole suurempia ongelmia. Suurin ongelma on ajoittainen epäselvyys särmättävien ja mankeloitavien kartio-osien välillä sekä ajoittaiset kapasiteettiongelmat, jotka johtuvat muun tuotannon aiheuttamasta kuormasta. Ohjeistusta siitä, mitkä kartiot särmätään ja mitkä mankeloidaan, ei ole toistaiseksi tehty. Oman haasteensa valintaan tuo vaihtelevat tuotekoot, jolloin välillä tietty kartio soveltuu paremmin särmättäväksi kuin mankeloitavaksi ja toisin päin. Kyseessä on siis ongelma, joka juontaa juurensa puutteellisesta työnsuunnittelusta, sillä särmääjän tehtävä ei ole päättää, mikä on järkevin valmistusmenetelmä millekin osalle.

Tähän asti särmäystä on käytetty ehkä turhankin paljon mankeloinnin sijaan kartioiden kohdalla. Lähtökohta pitäisi kuitenkin olla, että käytetään tehokkainta mahdollista resursia osan jalostukseen. Mankeloinnilla saadaan yleensä nopeammin tehtyä kartioita, mutta toisaalta tiettyjä laatuhaasteita on ollut havaittavissa oikean muodon saavuttamisessa. Särmäyksen käyttäminen onkin yleensä johtunut mankeloinnin laatuhaasteista, mutta ajoittain myös mankeloinnin särmäystäkin suuremmasta työkuormasta ja siten sen ruuhkautumisesta. Särmäyksessä taas on ajoittain ollut paremmin kapasiteettia tarjolla sekä samalla saavutettu tarkempia kartiorakenteita, joiden sovittaminen toisiin osiin kokoonpanovaiheessa on ollut hyvin helppoa. Särättäessä tuotteen kartiorakenteita on kuitenkin jo osien leikkuuvaiheessa huomioitava, että kartion on oltava vähintään kahdessa osassa, jotta särmäys on mahdollista. Täten tässäkin kohtaa korostuu käytettävän valmistusmenetelmän valinnan tärkeys ja oikeellisuus jo työnsuunnitteluvaiheessa.

Tuotteen vaippaosat muodostuvat suuren koon vuoksi yleensä useammasta sylinterinmallisesta vaippalohkosta. Yksittäinen vaippalohko saattaa lisäksi muodostua useammasta yhteen liitettävästä levystä. Yksittäisen vaippalohkon levyt liitetään ensin yhteen käyttäen mekanisoitua saumahitsausta. Mekanisoitu saumahitsaus on mankeloinnin tavoin resurssi, joka ruuhkautuu herkästi, kun valmistuksen alla on useita projekteja samanaikaisesti. Tässä työpisteessä tehdään saumahitsauksen lisäksi mahdolliset hitsausrailon valmistelut, mikä osaltaan saattaa ajoittain kasvattaa saumahitsauksen läpäisyaikaa. Hitsausrailojen valmistus on tarkkaa työtä, jonka vuoksi siihen kuluu myös aikaa.

Toinen selkeä haaste saumahitsauksessa on tuotteen suurten levykokojen aiheuttamat logistiset haasteet. Suurten levyjen nostot, käännöt ja siirrot vievät osansa työajasta, koska käsittely vaatii yhden tai jopa kahden siltanosturin käyttöä sekä äärimmäistä varovaisuutta turvallisen käsittelyn varmistamiseksi. Kun levyt on liitetty yhteen, mankeloidaan vaippalohko pyöreäksi. Tästä muodostuu siis yksi lohko. Lohkoja tehdään niin monta, kuin tuotteen koko vaatii. Mekanisoitua saumahitsausta ja mankelointia käytetään myös muutamille muille tuotteen osille, mutta vaippaosat ovat selkeästi merkittävin kohderyhmä. Mikäli kartioita ei huomioida, niin mankeloinnin suurin haaste on saada suurihalkaisijaisistakin vaippalohkoista täysin pyöreitä ja identtisiä keskenään.

Ohuet seinämät ja suuret halkaisijat aiheuttavat sen, että mankeloidusta lohkoista ei muodostu kovinkaan jäykkää rakennetta. Lohkon muoto ja pyöreys saattaa muuttua vielä mankeloinnin jälkeenkin, mikäli lohkoa esimerkiksi säilytetään väärässä asennossa tai kuljetetaan väärin. Lohkon varastointi kyljellään vaaka-asennossa aiheuttaa sen, että lohko muuttuu soikeaksi. Tämän vuoksi mankeloidut lohkot olisi aina varastoitava pystyasennossa, mikä ei kuitenkaan läheskään aina käytännössä toteudu. Syy tähän on puuttuva ohjeistus lohkojen säilytykseen liittyen. Myös kuljettaminen vaaka-asennossa aiheuttaa saman ilmiön. Mikäli mankeloiduista lohkoista haluttaisiin järemmät, olisi niihin lisättävä sopivat väliaikaiset tukirakenteet mankeloinnin yhteydessä. Tällöin lohkot pysyisivät paremmin muodossaan kuljetuksien ja varastoinnin aikana. Kuitenkin tällaisten ylimääräisten tukien lisääminen, varsinkin hitsaamalla, on käytännössä turhaa työtä,

sillä ne joudutaan poistamaan lopullisesta tuotteesta. Täten olisi löydettävä helppokäyttöinen ja edullinen ratkaisu lohkojen jäykkyyden ja muodon säilyttämiseksi ja siten kokoonpanojen helpottamiseksi.

Sahaa käytetään melko vähäisessä määrin tuotteen valmistuksen yhteydessä. Yleensä vain joitain putkia sekä tankoja sahataan. Etenkin putkien sahauksessa vaaditaan suurta tarkkuutta, sillä sahattavat putkiosat hitsataan lopulta toisiinsa kiinni, joten toleranssit ovat pieniä. Kaiken kaikkiaan suorien putkien ja tankojen sahaus on melko yksinkertaista ja hyvin sujuvaa. Kuitenkin tietyssä tapauksessa, käytettäessä taivutettuja putkia, on sahauksella entistä suurempi painoarvo. Taivutettujen putkien sahauksia on toistaiseksi tehty hyvin vähän, joten sen vuoksi optimaalisimmat menettelytavatkin ovat vielä melko epäselvät. Muun muassa tästä johtuen, taivutetun putken sahaus on toistaiseksi osoittautunut melko haastavaksi. Lisäksi yksi merkittävä syy tähän on suurehkot vaihtelut taivutettujen putkien taivutussäteissä, jolloin joudutaan aina tekemään pieniä säätöjä vaihdettaessa sahattavaa putkea. Tähän taas on syynä käytettävän materiaalin käyttäytyminen taivutuksessa sekä haastavat taivutussädevaatimukset.

Putkien taivutus ostetaan alihankintana, koska kohdeyrityksellä ei ole soveltuvaa laitteistoa kyseiseen työhön. Vaikka kohdeyritys käyttää hyvin kokeneen taivutusyrityksen taivutuspalveluja, niin asiakkaan toleranssivaatimukset taivutettaville putkille ovat paikoin niin kovat, ettei niihin ole aivan helppo päästä kokeneemmankaan yrityksen osaamisella. Taivuttaminen vaatii myös, että putket sahataan sopivaan taivutusmittaan ennen taivuttamista. Taivutusmittojen määrittäminen valmistuskuvista pitäisi nykyisestä poiketen ohjata tapahtuvaksi keskitetysti työsuunnittelun kautta, jonka työnkuvaan se soveltuu paremmin kuin projektipäällikön tehtäviin. Täten työkortista selviäisi suoraan oikeat sahausmitat sahaajalle, eikä mittatietoja tarvitsisi toimittaa eri dokumenteilla, jolloin on vaarana tietojen katoaminen tai sekoittuminen.

Esikäsittelyn koneet ovat hyvin kovassa kuormituksessa jatkuvasti, koska ne palvelevat kohdeyrityksen koko tuotantoa. Tällöin on ensiarvoisen tärkeää, että koneita huolletaan säännöllisesti ja huolto-ohjelman mukaisesti, jotta minimoidaan mahdollisuudet tuotantokatkoksiin konevicioista johtuen. Erityisesti laserleikkuri ja mekanisoitu saumahitsausasema sekä mankeli ovat kriittisiä, koska niitä on jokaista vain yksi kappale. Tällöin vian iskiessä on pyrittävä mahdollisimman nopeasti saamaan kone toimintakuntoon, jotta tuotantoa pystytään jatkamaan.

Laserleikkuri on haasteellisin kohde, koska se sisältää niin paljon erikoisteknologiaa, että yleensä aina on kutsuttava huoltohenkilöstö suoraan koneen valmistajan kautta. Tällöin vähänkin suuremmat viat pysäyttävät leikkuut vähintään useammaksi tunniksi tai pahimmillaan päviksi. Laserleikkuupalveluja tarjoaa onneksi useat yritykset, jolloin varsinkin pidempien korjausseisakkien ilmetessä, voidaan leikkeitä tilata alihankintana. Toki tällainen tulee kalliiksi ja usein alihankkijoidenkin kapasiteetti on varattuna, jolloin on epätoivottavaa saada omia leikkeitä heti työn alle. Siirto alihankintaan toki aiheuttaa paljon

ylimääräistä työtä järjestelyineen, mutta se on ainoa vaihtoehto kiireellisissä tapauksissa, mikäli omaa konetta ei saada kuntoon nopeasti.

Mekanisoitu saumahitsausasema sekä mankeli ovat melko yksinkertaista teknologiaa, joten vikojen ilmaantuessa ne saadaan yleensä korjattua omin voimin tai kohdeyritykselle huolto- ja korjauspalveluja tarjoavan yhteistyökumppanin kautta melko nopeasti. Suurempien ja siten pitkäkestoisempien ongelmien kohdalla on harkittava alihankinnan käyttöä kuten laserleikkuun tapauksessa. Särmäyskoneita taas on useampia, jolloin yhden vikaantuessa, pystytään yleensä muilla koneilla paikkaamaan väliaikaisesti. Toki tällainenkin tarkoittaa erikoisjärjestelyjä, kuten ylitöitä, mitkä aiheuttavat turhia lisäkustannuksia.

Koko kohdeyrityksen tuotannon kannalta haaste on sovittaa kulloinkin käynnissä olevien projektien esikäsittelytarpeet optimaalisimmin tuotantoaikataulujen kannalta, jotta kriittisten resurssien ruuhkautumismahdollisuus minimoitaisiin. Toisin sanoen työjonot pitäisi suunnitella huomattavasti nykyistä tarkemmin ja huomioida kaikki projektit. Muutoin varsinaisesti esikäsittelyn ja alihankinnan suurimmat haasteet liittyvät puutteelliseen ja yhtenäistämättömään ohjeistukseen. Monet asiat sujuisivat nykyistä jouhevammin ja laadukkaammin, kun työ olisi ohjeistettu yksityiskohtaisesti ja yhtenäisesti eri projektien välillä. Tällöin aikaa ei kulu asioiden ja vaihtoehtojen miettimiseen sellaisissa tuotantoprosessin vaiheissa, joissa on tarkoitus jalostaa tuotetta mahdollisimman tehokkaasti kohti valmista tuotetta.

4.5 Pienosavalmistus

Esikäsittelyn jälkeen tietyt tuotteen osat siirtyvät niin sanottuun pienosavalmistukseen. Pienosavalmistuksessa kokoonpannaan nimensä mukaisesti pienempiä itsenäisiä kokonaisuuksia, jotka asennetaan sellaisenaan tuotteen vaippaan myöhemmissä valmistusvaiheissa. Toisin sanoen pienosavalmistuksen jälkeen itse osakokonaisuutta ei enää muokata, muuta kuin mahdollisesti pintakäsittelemällä, jonka jälkeen se on valmis liitettäväksi suurempaan kokonaisuuteen. Nykyinen pienosavalmistus on paikoin epäselvästi rajattu ja pienosavalmistuksessa valmistettavat kokonaisuudet vaihtelevat projektikohtaisesti. Prosessin selkeyttämisen kannalta tarvittaisiin selkeä jako pienosavalmistuksen ja kokoonpanojen välillä.

Pienosavalmistus voidaan jakaa käsiteltävän tuotteen osalta nostokorva- ja tukijalkavalmistukseen, putkistovalmistukseen sekä sisäisten levyosien ja miesluukkujen valmistukseen. Jaottelu on tehty lähinnä käytettävien materiaalien perusteella. Nostokorvia ja tukijalkoja tehdään paksuista ja ns. perinteisistä materiaaleista. Lisäksi paksut materiaalit vaativat paksuille materiaaleille pätevytetyt hitsaajat. Putkistot ovat myös oma selkeä kokonaisuutensa, joiden valmistus vaatii oman erikoisosaamisensa. Viimeisessä kokonaisuudessa, eli sisäisten levyosien ja miesluukkujen valmistuksessa, taas valmistetaan ohuemmista levymateriaaleista tehtäviä levyosarakenteita tuotteen sisälle sekä tuotteen miesluukut.

Nostokorva- ja tukijalkavalmistus käynnistyy, kun levyosat on leikattu. Tämä kokonaisuus on kaikkien selkein pienosavalmistuskokonaisuus, jolla on jo hyvinkin vakioitunut valmistuspiste sekä -menetelmä. Työpiste vaatii vain yhden työntekijän. Koska kyseessä on melko paksut materiaalit, täytyy hitsattaviin reunoihin tehdä hitsauksen vaatimat hitsausviisteet ennen hitsauksen aloittamista. Viisteet on tehty yleensä koneistamalla, jolloin varmistutaan viisteiden vaatimustenmukaisuudesta. Viisteityksen jälkeen kokonaisuuden osat silloitushitsataan yhteen, jonka jälkeen suoritetaan hitsaukset.

Ongelmallisinta näiden kokonaisuuksien valmistuksessa on paksujen materiaalien myötä suhteellisen suuret kappalekohtaiset hitsausmäärät ja siten hitsausajat. Optimaalisimman hitsausmenetelmän valinta onkin ratkaisevassa osassa tuottavuuden kannalta. Hitsauksia varten kappaleet pyritään mahdollisuuksien mukaan kiinnittämään pyörityspöytään, jolloin hitsaukset pystytään suorittamaan aina optimaalisessa asennossa ja yhdellä kiinnityksellä. Pyörityspöytien rajallisesta määrästä johtuen, niitä ei kuitenkaan aina ole vapaana. Tällöin joudutaan hitsaamaan työpöydän päällä, mikä ei ole tehokkuuden kannalta paras mahdollinen ratkaisu, koska kappaletta joudutaan tällöin pyörittämään joko käsin tai nostimen avulla sekä kiinnittämään työpöytään useamman kerran. Työpöydän päällä hitsaaminen lisää täten turhaa työtä pyörityspöydällä tapahtuvaan hitsaukseen nähden.

Hitsausten jälkeen suoritetaan vaaditut NDT-tarkastukset hitsauksille, jotta varmistutaan hitsisaumojen vaatimustenmukaisuudesta. Mikäli kyseessä on hiiliteräsosat, lähetetään tarkastetut osat alihankintaan pintakäsittelyä varten. Alihankkijaa on tilausvaiheessa ohjeistettu suojaamaan tiettyjen osien ne reunat maalilta, joista osat hitsataan kiinni tuotteen vaippaan myöhemmin. Tällä vältetään maalin pois hiominen ennen hitsauksia, sillä käytettävä maali hitsattavalla pinnalla häiritsee hitsausprosessia. Kaikkien pintakäsiteltävien osien osalta tätä reunojen suojaamista maalilta ei kuitenkaan aina ole ohjeistettu tehtäväksi, jolloin on jouduttu hiomaan maalia pois ennen vaippaan hitsauksia. Tämä aiheuttaa turhaa työtä kokoonpanovaiheissa. Tämän vuoksi alihankkijalle toimitettava ohjeistus pitäisi yhtenäistää ja käydä tarkkaan läpi, jotta ohjeistus palvelisi mahdollisimman hyvin haluttua lopputulosta.

Putkistovalmistuksessa hitsataan jo oikeaan mittaan/muotoon esivalmistetut putkisto-osat putkistokokonaisuuksiksi. Putkistovalmistusta varten on suunniteltu kokoonpanojigi, johon putkisto-osat ladotaan sekä jossa putkistot ensin silloitushitsataan ja tämän jälkeen hitsataan kokonaisuudessaan. Putkistotyöpisteessä työskentelee yleensä kaksi työntekijää per kokoonpanojigi. Jigin avulla putkisto saadaan helposti oikeaan muotoon ja mittoihin. Hitsausten aikana putkisto joudutaan kääntämään, jota varten putkisto on irrotettava jigistä. Kääntäminen tehdään, jotta päästään helpommin hitsaamaan kaikki vaaditut kohdat. Hitsauksien jälkeen putkistoille tehdään vaaditut NDT-tarkastukset, jonka jälkeen putkistot ovat valmiita peittausta ja passivointia varten.

Putkistojen kokoonpanojigi on osoittautunut erittäin hyödylliseksi. Ongelma on kuitenkin siinä, että jigiiä ei ole suunniteltu modulaariseksi, vaan toistaiseksi jokaista projektia varten on jouduttu suunnittelemaan ja valmistamaan uusi jigi ainakin osittain, koska putkistojen mitoitusvaihtoelut vaihtelevat tuotteen kokomuutosten mukana. Tämä lisää valmistuskustannuksia omalta osaltaan.

Valmistusprosessin hallinnan kannalta laserleikatut putkiosat on ainakin toistaiseksi havaittu paremmaksi vaihtoehtoksi. Tämä johtuu yksinkertaisesti siitä, että laserleikatut putkiosat vaativat vain yhden työvaiheen, eli hitsausalueiden esivalmistelut laserleikkauksen lisäksi ennen putkistojen kokoonpanoa. Taivutetut putkiosat vaativat taas yhteensä peräti viisi työvaihetta ennen kuin niitä voidaan alkaa kokoonpanna. Nämä vaiheet ovat taivutusmittaan sahaus, taivutus, taivutusvarojen ja putken pään muotojen sahaus sekä tarvittavien reikien poraukset ja tarvittavat hitsausalueiden esivalmistelut. Lisäksi laserleikatuista putkiosista valmistettujen putkistojen on todettu ainakin toistaiseksi olevan huomattavasti helpommin valmistettavissa mittatarkoiksi johtuen aiemmin mainituista haasteista taivutusten kanssa. Lisäksi materiaalikustannusnäkökulmasta laserleikatuilla putkiosilla päästään huomattavasti pienempään materiaalihukkaan kuin taivutetuilla putkiosilla. Tämä johtuu taivutettavien putkien vaatimista työvaroista, jotka ovat suoraan materiaalihukkaa.

Putkistovalmistus näyttölee yllättävän suurta osaa koko tuotteen valmistuskustannuksista. Tämä on seurausta kalliista materiaalista sekä melko suurista työtuntimääristä verrattuna tuotteen levytyön vaatimiin työtuntimääriin. Kalliin materiaalin vuoksi materiaalihukkaa on pyrittävä minimoimaan kaikin keinoin. Valmistusta pitäisi lisäksi pystyä tehostamaan jollain tavoin nykyisestä tasosta, jotta pystytään alentamaan putkistojen valmistuskustannuksia.

Sisäisten levyosien ja miesluukkujen valmistuksessa esivalmistetuista levyosista valmistetaan kokoonpanohitsaamalla erilaisia tukirakenteita ja muita tuotteen toiminnan kannalta keskeisiä ohutlevyrakenteita sekä miesluukut. Sisä rakenteiden ja miesluukkujen valmistuksessa riittää yksi työntekijä per työpiste. Sisäosat kokoonpannaan ja hitsataan riittävän suuren tasaisen pinnan päällä, jotta rakenteista saadaan tasomaisia. Lisäksi kapaleet kiinnitetään tukevasti pöytään hitsauksen lämpövaikutuksen aiheuttaman mahdollisen vääntelyn minimoimiseksi. Miesluukut ovat kooltaan sen verran pieniä, että niiden osat voidaan yhdistää pienenkin pöydän päällä ja samaten hitsaus voidaan suorittaa suoraan pöydän päällä.

Sisäisten levyosien ja miesluukkujen valmistuksessa on ollut eniten haasteita rajauksen suhteen. Paikoin näitä osakokonaisuuksia on nimittäin valmistettu tuotteen suurempien kokonaisuuksien kokoonpanopisteissä ja paikoin taas erillään pienenosavalmistuksessa. Kyseessä olevat kokonaisuudet ovat kuitenkin selkeästi luokiteltavissa pienenosavalmistukseen kuuluviksi, jolloin niiden valmistamisesta erillään suurempien kokonaisuuksien kokoonpanopisteistä olisi huolehdittava, varsinkin mikäli niiden tekemiseen on suunniteltu

kohdistettavan eri resurssit kuin suuremmille kokoonpanoille. Tämä siksi, että yleensä kun näiden osien valmistus on tuotu suurempien kokonaisuuksien kokoonpanopisteisiin, niin nämä pienosat ovatkin tehneet kokoonpanon työntekijät. Tällöin kokoonpanon työntekijät eivät ole tehneet sitä, mitä oli heidän osaltaan suunniteltu, eli kokoonpanneet suurempia kokonaisuuksia, vaan pienosia.

Ongelma muodostuu, mikäli tuotanto on suunniteltu siten, kuten yleensä tähän saakka aina on, että pienosat tehdään erillään ja eri resurssein kuin suuremmat kokoonpanot, mutta toimitaankin edellä kuvatusti. Tällöin on selvää, että suunniteltu aikataulu tulee kärsimään tai ainakin siitä kiinni pitäminen tulee vaatimaan erikoisjärjestelyjä, mikä yleensä tarkoittaa myös suunniteltua suurempien kustannusten syntymistä. Syynä tällaiseen suunnitelmasta poikkeamiseen on yleensä ollut pula pienosavalmistuksen resursseista kyseisellä hetkellä.

Sisärakenteiden osalta mittatarkkuuksissa on ollut ajoittain ongelmia, jolloin niitä on jouduttu korjaamaan pienosavalmistuksen jälkeen. Tällaisesta olisi päästävä eroon ja kokonaisuudet tehtävä valmiiksi kerralla. Ongelmat johtuvat sisärakenteiden suhteellisen ohuista materiaalivehkuuksista sekä hitsien aiheuttamista vääntelyistä. Täten kunnolliseen työpöytään kiinnittämiseen ja hitsausjärjestykseen pitäisi kiinnittää enemmän huomiota. Sisärakenteille, kuten muillekin osille on tehtävä terävien reunojen pyöristys. Terävien kulmien hionta on helpoin tehdä, kun sisärakenteet ovat vielä osina, koska pienien osien käsittely ja pyörittely on helpompaa kuin valmiin komponentin. Tämä työvaihe on jäänyt melko usein tekemättä kokonaan tai se on tehty puutteellisesti pienosavalmistuksessa, jolloin se joudutaan tekemään myöhemmin kokoonpanossa, jolloin se on vaikeampaa ja aika vievämpää.

Yhteenvedona pienosavalmistuksen suurimmat haasteet ovat puutteellinen ja yhtenäistämätön ohjeistus sekä toimintatavat. Lisäksi laadunvalvonta ei ole riittävän järjestelmällistä. Kehittämällä näitä osa-alueita pystyttäisiin varmasti nopeuttamaan eri työvaiheiden läpimenoaikoja ja ennen kaikkea toimittamaan kokoonpanoihin laatukriteerit täyttäviä pienosia, joita ei enää tarvitse kokoonpanovaiheissa korjata.

4.6 Kokoonpano

Kokoonpanolla tarkoitetaan tuotteen vaippaosien yhdistämistä yhdeksi kokonaisuudeksi, laippojen yhdistämistä vaippoihin, sekä pienosavalmistuksessa valmistettujen osakokonaisuuksien asentamista vaipan sisä- ja ulkopuolelle. Lopputuloksena muodostuu rakenteellisesti valmis tuote. Tuotteen kokoonpano jaetaan pienempiin kokonaisuuksiin, joita on helpompi hallita ja käsitellä. Käytännössä tuotteen ala- ja yläosa kokoonpannaan eri työpisteissä. Ala- ja yläosaa voidaan ajatella pystyssä seisovan säiliön puolikkaiksi, jotka tässä tapauksessa eivät kuitenkaan ole identtisen kokoisia. Jako näiden kahden kokoonpanon välillä on helppo tehdä, sillä tuotteen ala- ja yläosa ovat eri materiaalia. Tällä jaolla

saadaan samalla minimoitua materiaalien ja ennen kaikkea hitsauslisäaineiden sekoittumisen mahdollisuus. Ala- ja yläosan yhdistäminen tehdään lopulta viimeisenä työvaiheena.

Sekä ala- että yläosan vaipan kokoonpano aloitetaan asentamalla joko laippa tai muu väliaikainen apurakenne vaipan ympärille. Laippa kuuluu tietyssä konstruktiossa itse tuotteeseen ja sen avulla mankeloitu vaippalohko saadaan viimeistään jäykäksi ja täysin pyöreäksi. Mikäli kyseessä on laipaton versio, käytetään kuitenkin sopivaa väliaikaista apurakennetta pyöreiden ja jäykkyyden saavuttamiseksi. Kuten aiemmin mainittua, ohutseinämäisten ja suurihalkaisijaisten lieriöiden ongelma on juurikin rakenteen pyöreiden ja jäykkyyden saavuttamisessa, jonka vuoksi erilaisia väliaikaisia tukirakenteita tarvitaan vaihtelevin määrin valmistuksen aikana, jotta kappaleet saadaan oikeaan muotoon.

Alaosa on matalampi kuin yläosa ja alaosaan tulee yleensä vain yksi tai kaksi vaippalohkoa. Kun laippa on hitsattu vaippalohkoon tai väliaikaiset apurakenteet asennettu, asennetaan kartiomainen vaippaosa tuotteen ns. pohjaksi. Tämä kartio hitsataan siis vaippalohkon laippaa vastakkaiselle puolelle. Alaosa varustellaan tämän jälkeen tarvittavin läpiviennein, miesluukuin, tukijaloin, nostokorvin ja sisärakentein. Kaikki osat hitsataan kiinni vaippaan. Alaosan kokoonpano on hyvin työläs kokonaisuus. Tämä johtuu suurista hitsausmetrimääristä. Lisäksi, toki tuotteen koosta riippuen, alaosan käsittely vie myös helposti paljon aikaa. Sitä joudutaan kääntämään ja pyörittelemään useaan otteeseen, jotta kaikki hitsaukset saadaan tehtyä. Käsittely tehdään siltanosturin avulla. Hitsauksien jälkeen alaosalle tehdään NDT-tarkastukset, jonka jälkeen se on valmis pintakäsittelyyn. Käytännössä NDT-tarkastuksia pyritään tekemään mahdollisuuksien mukaan jo tuotteen valmistuksen aikana, jotta mahdolliset virheet tulevat korjatuksi aikaisessa vaiheessa ja virheiden toistumisen mahdollisuus saadaan minimoitua.

Yläosa on huomattavasti korkeampi lieriö kuin alaosa. Tästä johtuen, vaippa muodostuu useasta lohkoista. Lohkojen yhdistäminen tehdään pystyasennossa. Kun alimpaan lohkoon on asennettu laippa tai väliaikainen apurakenne, voidaan seuraava lohko nostaa sen päälle. Lohkojen kohdistaminen on tarkkaa, jotta levyjen päät saadaan kohdakkain ja lohko oikeaan asemaan alempaan lohkoon nähden. Kohdistamisissa käytetään apuna tietynlaisia väliaikaisia ohjaimia, jotka pakottavat levyjen päitä kohdakkain. Tämän lisäksi levyseppä viimeistelee ja varmistaa oikean kohdistuksen. Lohkon asema tai ts. kierto alempaan lohkoon nähden on myös varmistettava, sillä lohkoissa on reikiä, joihin tulee erilaisia läpivientejä ja joiden on osoitettava oikeaan suuntaan valmiissa tuotteessa. Tässä vaiheessa suurena apuna ovat laserleikkuuvaiheessa tehdyt kohdistusmerkinnät lohkojen reunoissa. Kun kaikki tarvittavat lohkot on kasattu päällekkäin ja silloitushitsattu, tehdään lohkojen välisten saumojen eli kehäsaumojen hitsaus. Saumat voidaan käytännössä hitsata siten, että vaippa on joko pysty- tai vaaka-asennossa. Vaaka-asennossa tapahtuva hitsaus on osoittautunut tehokkaammaksi tavaksi. Tässä tavassa vaippa on pyörittäjien päällä, jotka pyörittävät hitsattavaa kokonaisuutta, jolloin hitsaajan ei tarvitse liikkua.

Kehäsaumojen hitsausten jälkeen yläosa nostetaan pystyyn ja se varustellaan tarvittavin sisäpuolisin osin, joita ovat putkistot ja muut levyosista kootut sisärakenteet. Sisäosat lasketaan yläkautta yksitellen siltanosturin avulla. Kun sisäosat on hitsattu paikoilleen, nostetaan vaipan ns. katto, joka on kartiomainen vaippaosa, paikoilleen ja hitsataan kiinni. Tämän jälkeen yläosa kaadetaan jälleen kyljelleen pyörittäjien päälle ja suoritetaan nostokorvien ja läpivientien hitsaukset sen ulkopintaan. Hitsauksien jälkeen yläosa on valmis pintakäsittelyyn, kunhan kaikki NDT-tarkastukset on saatu tehtyä.

Pintakäsittelyjen eli peittauksen ja passivoinnin sekä mahdollisten maalausten jälkeen, tuotteen ala- ja yläosa ovat valmiit pulttaviksi yhteen. Joissain tapauksissa pulttauksen sijaan ala- ja yläosa hitsataan yhteen. Tällöin ylä- ja alaosan välillä ei ole kiinteitä laippoja, vaan vaipat hitsataan suoraan yhteen, jolloin viimeinen sauma on myös luonnollisesti hitsattava jo ennen peittausta ja passivointia, jotta kaikki saumat tulevat käsitellyiksi. Tarvittaessa viimeinen sauma voidaan toki käsitellä myöhemminkin, mikäli tuote on hankalan koon vuoksi peitattava esimerkiksi kahdessa osassa. Pintakäsittelyjen jälkeen tuotteelle tehdään vaaditut lopputarkastukset, jonka hyväksymisten jälkeen tuote on virallisesti valmis ja se voidaan pakata kuljetusta varten.

Kokoonpanovaiheet vievät suurimman osa tuotteen valmistusajasta. Koska kokoonpano on täysin manuaalista työstä, on työn laadullinen lopputulos sekä siihen käytetty aika hyvin paljon työntekijäriippuvaista. Tähän saakka erot eri työntekijöiden tuottavuuden sekä laaduntuottokyvyn välillä ovat olleet paikoin hyvinkin huomattavia. Suuri syy tähän on varmasti se, että valmistusmenetelmiä ja -järjestyksiä ei ole toistaiseksi saatu yhdenmukaistettua eikä ohjeistettua riittävällä tasolla. Tällöin työntekijöille jää tavallaan liikaa vaihtoehtoja toteuttaa eri asioita, jolloin aikaa tuhlaantuu vaihtoehtojen punnitsemiseen sekä mahdollisten epäselvien asioiden selvittämiseen. Valmistusjärjestyksien epäselvyys aiheuttaa myös sen, että kappaleiden käsittelyyn kuluu herkästi turhaa aikaa, kun kappaletta esimerkiksi käännellään ja nostellaan kaikkien työvaiheiden suorittamiseksi enemmän kuin todellisuudessa olisi tarvetta. Lisäksi väärällä valmistusjärjestyksellä voidaan vaikeuttaa ja hidastaa myöhempiä työvaiheita. Jokin osa saatetaan esimerkiksi hitsata kiinni liian aikaisin, mikä sitten estää tai haittaa jonkin toisen osan asennusta myöhemmin.

Yksi asia, johon pitäisi kiinnittää entistä enemmän huomiota, on optimaalisimman työntekijämäärän sekä osaamisen kohdistaminen eri kokoonpanovaiheille, jotta tuottavuus saadaan parhaalle mahdolliselle tasolle. Käytännössä kokoonpanoissa tarvitaan levyseppiä yhdistämään osat toisiinsa ja hitsaajia tekemään hitsaukset tämän jälkeen. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää myös levyseppähitsaajia, joilta onnistuu molemmat edellä mainitut tehtävät. Näiden resurssien oikeanlaisessa kohdistamisessa eri kokoonpanoille ja työvaiheille ei ole aina onnistuttu parhaalla mahdollisella tavalla. Välillä on ollut selkeästi liian monta henkilöä työskentelemässä samanaikaisesti tuotteen parissa, jolloin työskentelystä tulee tehotonta, kun kaikki eivät pääse työskentelemään tehokkaasti koko ajan.

Toinen ääripää on taas se, että yritetään liian vähäisellä henkilömäärällä saada tuote valmiiksi ajoissa, jolloin pienen henkilömäärän pitäisi pahimmassa tapauksessa venyä useaan paikkaan samanaikaisesti, jotta tuote saataisiin valmiiksi, mikä on mahdotonta. Toistaiseksi järkevimmäksi vaihtoehdoksi onkin osoittautunut kaksi työntekijää per työpiste. Kappaleet ovat yleensä niin suuria, että niiden käsittely ja yhdistäminen toisiinsa on helpompaa kahden työntekijän voimin. Toisaalta taas hitsausvaiheissa pystyy pääosin hitsaamaan yhtä kokonaisuutta vain yksi työntekijä kerrallaan tehokkaasti. Tällöin toisen hitsatessa, toinen työntekijä mahdollisuuksien mukaan valmistele seuraavia osia, yhdistelee pienempiä osia toisiinsa tai hitsaa jotain toista kokonaisuutta. Tässä kohdin on kuitenkin paljon kehitettävää, jotta varmistettaisiin, että kunkin työpisteen resurssit tekevät aina juurikin sitä työtä, joka edistää tuotteen valmistumista parhaalla mahdollisella tavalla. Kolme työntekijää per työpiste on osoittautunut tehottomaksi, sillä kolmelle työntekijälle ei vain yksinkertaisesti löydy tehokasta tekemistä samanaikaisesti ainakaan nykyisillä järjestelyillä.

Työpisteiden siisteyteen ja järjestykseen olisi syytä myös panostaa huomattavasti nykyistä enemmän. On selvästi ollut huomattavissa, että siisteys- ja järjestystaso heikkenevät aina projektien edetessä. Työpisteet olisi kuitenkin pidettävä siisteinä ja järjestyksessä läpi koko projektin. Siisti ja järjestyksessä oleva työpiste vähentää työkalujen ja materiaalien etsintään kuluva turhaa aikaa ja siten parantaa tuottavuutta. Hyvin hoidetussa työpisteessä on myös mukavampi työskennellä. Suurin ongelma on se, että työkaluille ei ole luotu ja osoitettu vakioituja paikkoja, joihin ne sijoitettaisiin aina silloin, kun niitä ei käytetä. Nykyisellään työkalut pyörivät lähinnä työpöydillä ja lattioilla, jolloin niiden etsimiseen kuluu aikaa ja samalla riski niiden vioittumiseen kasvaa. Työpisteeseen saapuville ja sieltä lähteville materiaaleille ei myöskään ole osoitettu selkeitä paikkoja, jolloin materiaaleja sijoitellaan lähinnä sen mukaan, missä sattuu kulloinkin olemaan vapaata tilaa. Tämä taas aiheuttaa materiaalien etsimistä ja siten turhaa työtä.

Hitsauskoneiden käsittelyyn ja niistä huolehtimiseen pitäisi kiinnittää entistä enemmän huomiota, koska niiden avulla lisätään eniten tuotteen jalostusarvoa, sillä kokoonpanojen liittäminen tehdään kaikki hitsaamalla. Huomattavan usein hitsauskoneissa ilmenee vikoja, jotka keskeyttävät työn lyhyemmäksi tai pidemmäksi aikaa. Tällöin valmistusaikaa hukkuu odottamiseen, kunnes kone on saatu korjattua tai vaihtoehtoisesti uusi toimiva kone toimitettua työpisteeseen. Hitsauskoneita on yleensä muutama kappale ylimääräisenä, jotta hajonneiden koneiden tilalle saadaan uusi kone, mikäli korjaaminen ei onnistu nopeasti. Toisaalta tuotannon korkean kuormituksen aikana kaikki koneet saattavat olla käytössä, jolloin suurempi vika saattaa keskeyttää tai ainakin hidastaa työtä huomattavan paljon, mikäli joudutaan pärjäämään jonkin aikaa esimerkiksi vain yhdellä hitsauskoneella. Täten ensiarvoisen tärkeää olisi huolehtia siitä, että koneet eivät hajoa ainakaan vääränlaisesta käsittelystä tai säilytyksestä johtuen.

Työpisteissä tehtävästä metallien hiomisesta syntyvää metallipölyä kerääntyy ja tunkeutuu lähes joka paikkaan jo yhden työpäivän aikana, jonka vuoksi sen säännöllinen poistaminen olisi erittäin tärkeää. Toisaalta taas pitäisi pyrkiä sellaiseen valmistukseen, jossa hiomista ei tarvittaisi tai sen määrä olisi ainakin minimoitu. Nykyisin hiomista tehdään turhan paljon. Syynä tähän on se, että toisiinsa yhdistettävät kappaleet eivät aina sovi parhaalla mahdollisella tavalla toisiinsa, jolloin jostain kohdin voidaan joutua hieman poistamaan materiaalia. Tämä työ ei ole arvoa lisäävä vaihe, sillä se on täysin tarpeeton, mikäli edeltävät valmistusvaiheet pystyisivät tuottamaan täysin tasalaatuisia ja vaatimustenmukaisia kappaleita jatkuvasti. Näin ei kuitenkaan nykyisessä valmistusprosessissa tilanne aina ole.

Hiontaa tehdään myös tarpeettoman paljon hitsauksien jälkeen, vaikka pitäisi pyrkiä siihen, ettei hiota kuin aivan välttämättömistä kohdista ja mahdollisimman siististi. Liian usein on törmätty tilanteeseen, jossa esimerkiksi hitsisauman viereisiä alueita on hiottu, vaikka tähän ei ole mitään varsinaista tarvetta ollutkaan. On esimerkiksi poistettu hitsausroiskeita suoraan kulmahiomakoneella, vaikka tähän on omat työkalut, jotka eivät jätä hionnankaltaisia jälkiä. Tuotteen ulkonäkö muuttuu äkkiä epäsiistiksi, jos se sisältää useissa kohdin hiontajälkiä. Toki kyseessä olevan tuotteen kohdalla ulkonäkö ei ole ykkösprioriteetti, mutta ulkonäkö ja yleisilme ovat kuitenkin ne, johon asiakas ensimmäisenä kiinnittää huomiota. Siisti työn jälki luonnollisesti parantaa myös yleiskuvaa valmistuksesta ja sen laadusta.

Kaiken kaikkiaan kokoonpanon suurimmat haasteet liittyvät puutteelliseen ja yhtenäistämättömään ohjeistukseen sekä toimintatapoihin. Optimaalisimpia työjärjestyksiä ja valmistusmenetelmiä sekä kunkin työvaiheen resurssitarpeita, niin määrällisesti kuin laadullisestikin, ei ole mietitty riittävän tarkasti. Lisäksi puutteita on työpisteiden suunnittelussa ja niiden ylläpidossa. Kehittämällä näitä osa-alueita pystyttäisiin varmasti nopeuttamaan kokoonpanon läpimenoaikoja, toimimaan kustannustehokkaammin sekä tuottamaan entistä korkeaa- ja tasalaatuisempia tuotteita.

4.7 Materiaalivirrat ja layout

Valmistuksen materiaalivirta lähtee kohdeyrityksessä liikkeelle saapuvasta materiaalista. Saapuva materiaali voi tulla joko materiaalin toimittajalta tai alihankkijalta. Saapuvalla materiaalille on tavaravastaanottopiste, jossa pienemmät materiaalmäärät otetaan vastaan. Levymateriaalit puretaan yleensä piha-alueelle suoraan kuljetuskalustosta. Levymateriaalia säilytetään sekä sisä- että ulkotiloissa riippuen hieman levykoista ja varastointialueiden täyttöasteesta. Tavaravastaanoton sekä purun hoitaa logistiikkaorganisaatio. Käsittelyn kohteena olevan tuotteen levyosat on perinteisesti varastoitu piha-alueella suuren määrän ja koon vuoksi. Tarkkaa varastointialuetta ei ole määritelty, vaan varastointi tapahtuu kulloiseenkin tilanteeseen sopivimmalla alueella. Toisin sanoen piha-alueelta etsitään vapaana oleva varastointialue, johon osat sijoitetaan. Muut kuin levyosat varas-

toidaan yleensä hallien sisällä. Näille ei myöskään ole määritelty tarkempaa varastointialuetta, vaan yleensä tavarat varastoidaan joko välivarastointialueille tai työpisteiden välittömään läheisyyteen.

Varastointialueilta materiaalia siirretään tarpeen mukaan työpisteisiin. Ensimmäinen työvaihe sijaitsee suurimmalla osalla osista joko esikäsittelyssä tai pienosavalmistuksessa. Jotkin osista toimitetaan myös suoraan kokoonpanopisteille, mikäli osat eivät vaadi muita työvaiheita. Siirtäminen tehdään lähinnä trukkien ja siltanosturien avulla hieman tilanteesta riippuen. Siirtämisen hoitaa logistiikkaorganisaatio. Tarvittavat materiaalit siirretään joko työpisteiden välittömään läheisyyteen odottamaan tai suoraan työpisteeseen, mikäli materiaali otetaan heti työn alle. Mikäli materiaali jätetään odottamaan työpisteen välittömään läheisyyteen, lopullisen materiaalisiirron työpisteeseen hoitaa työpisteen työntekijä siinä vaiheessa, kun materiaali otetaan työn alle.

Kun kaikki työpisteessä tapahtuvat työvaiheet on suoritettu, siirretään jalostetut materiaalit työpisteen välittömään läheisyyteen odottamaan siirtoa seuraavaan työpisteeseen. Ajoittain materiaali siirretään suoraan edellisestä työpisteestä seuraavaan työpisteeseen. Viimeisen työvaiheen eli loppukokoonpanon jälkeen, tuote siirretään pintakäsittelyyn. Pintakäsittely suoritetaan alihankintana kohdeyrityksen tilojen ulkopuolella. Pintakäsittelyn valmistuttua tuote tuodaan takaisin loppukokoonpanoalueelle, jossa tehdään tarvittavat viimeistelyt sekä lopputestaukset. Tällä alueella tuote myös pakataan lopulta. Pakkauksen jälkeen tuote nostetaan joko suoraan kuljetuslavetin päälle kuljetusta varten tai varastoidaan piha-alueelle odottamaan noutoa.

Tuotteen valmistuksen layout on vaihdellut melko paljon eri projektien välillä. Kuten edellä mainittiin, varastointialueiden fyysinen sijainti vaihtelee hyvinkin paljon. Valmistusvaiheista esikäsittely on osa-alue, joka tehdään aina samassa paikassa, koska esikäsittelyalue koneineen ja laitteineen sijaitsee keskitetysti omassa hallissaan. Pienosavalmistus- ja kokoonpanopisteet taas luodaan usein projektikohtaisesti. Projektien välillä vaihtelevat tuotteen fyysiset mitat sekä muun tuotannon vaatimat tilat vaikuttavat osaltaan etenkin kokoonpanoalueiden valintaan.

Tuotantovolyymien kasvun myötä, on kohdeyrityksen yhdestä hallista siirretty muiden tuotteiden tuotantoa toisiin halleihin, jotta käsittelyn kohteena olevalle tuotteelle saadaan enemmän valmistustilaa. Tuotteen kokoonpano keskittyy tällä hetkellä suurimpaan halliin, jossa on myös korkeat tilat ja riittävän suuret ovet suurtenkin tuotteiden valmistukseen. Hallissa on kuitenkin edelleen paljon myös muuta tuotantoa. Tuotteen pienosavalmistusta tehdään sekä pienemmissä halleissa, että varsinaisessa kokoonpanohallissa, riippuen projektista. Huomionarvoista on, että hiiliteräsosat valmistetaan aina eri hallissa kuin ruostumattomat teräkset. Tähän on syynä se, että ruostumattomien terästen kontaminoitumisriski halutaan minimoida. Tällä tarkoitetaan hiiliterästen ja ruostumattomien terästen välisen kontaktin estämistä.

Materiaalivirtauksessa ja valmistuksen layoutissa on nykyisellään liikaa vaihtelua sekä epäselviä asioita. Materiaalivirtaus olisi optimoitava sekä kuvattava ja tiedotettava selkeästi läpi organisaation, jotta kaikille osapuolille olisi selvää, miten materiaalivirtaus toteutetaan myös käytännössä parhaalla mahdollisella tavalla. Layoutit olisi myös syytä suunnitella siten, että niitä ei tarvitsisi muuttaa merkittävästi projektien välillä, sillä ainoastaan tuotteen fyysinen koko on yleensä merkittävin ero eri projektien välillä, jolloin tuotteen valmistuksen niin sanottu peruslayout voidaan suunnitella ja lukita. Mitä kiinteämmät paikat työpisteille ja varastointialueille saadaan, sitä helpompi on lähteä aina uuteen projektiin, kun jo tiedetään missä mitäkin tehdään ja varastoidaan.

Työpisteiden ja varastointialueiden jatkuva eläminen on aiheuttanut väärinymmärryksiä sekä turhaa työtä, kun esimerkiksi materiaalia viedään väärin työpisteisiin. Oikean projektin materiaalien tunnistamisessa ja siten niiden siirtämisessä oikeaan työpisteeseen auttaisi jo huomattavasti pelkästään se, jos olisi selkeästi merkattu, mihin projektiin kyseiset osat kuuluvat. Kun näin ei ole tehty, joutuu esimerkiksi logistiikkaorganisaatio kyselemään ja selvittämään turhaan, mikä projekti on kyseessä ja mihin osat pitäisi toimittaa.

Työpisteiden ja varastointialueiden keskinäisen sijainnin lisäksi, työpisteiden ja varastointialueiden sisäinen layout olisi suunniteltava siten, että ne palvelevat valmistusprosessia parhaalla mahdollisella tavalla. Tähän ei ole toistaiseksi panostettu riittävästi, jolloin esimerkiksi materiaalien kuljetusreitit- ja matkat ovat toisinaan turhan pitkiä tai epäkäytännöllisiä. Työpisteiden sisällä taas saatetaan usein siirrellä käsiteltäviä kappaleita tarpeettomasti sekä tarpeettoman pitkiä matkoja, kun optimaalisinta työpisteen sisäistä materiaalivirtausta ja layoutia ei ole mietitty riittävän tarkasti.

Yhteenvetona keskeisin haaste materiaalivirtojen ja layoutien kohdalla on suunnitelmattomuuden puute. Ei ole olemassa tarkkoja kuvauksia ja suunnitelmia siitä, miten materiaali virtaisi tuotannon läpi optimaalisimmalla tavalla sekä mitä tämä tarkoittaisi valmistuksen layoutin kannalta. Näihin asioihin panostamalla pystyttäisiin välttämään suuret määrät turhaa työtä, jota nykyisellään menee muun muassa materiaalien etsimiseen, turhiin kuljetuksiin ja siirtoihin sekä epäselvien asioiden selvittämiseen.

4.8 Teknologia ja menetelmät

Tuotteen valmistuksessa käytettävä pääteknologia on hitsaustekniikka, jolla tuotteen pienosien, osakokoonpanojen ja loppukokoonpanon valmistus tapahtuu. Valtaosa tuotteen jalostusarvoa lisäävästä työstä on hitsausta. Käytettävät hitsausprosessit ovat MIG/MAG- sekä TIG-hitsaus. Hitsaukset tehdään kaikki täysin manuaalisesti joko hitsaajan tai levyseppähitsaajan toimesta, lukuun ottamatta levyarkkien yhdistämiseen esikäsitellyssä käytettävää mekanisoitua hitsausta. Mekanisoidussa hitsauksessa operaattori kohdistaa toisiinsa liitettävät levyreunat sekä seuraa hitsauksen aikana valokaarta ja tekee

säätötoimenpiteitä mikäli tarpeen. Mekanisoidun saumahitsauksen lisäksi muut esikäsitelyvaiheet, kuten laserleikkaus, särmäys ja mankelointi luovat myös valmiudet kokoonpanojen toteuttamiselle ja varsinaiselle manuaalihitsaustyölle. Esikäsitelyn koneiden käyttö vaatii omat erikoisosajansa, jotta materiaalia saadaan muokattua halutusti.

Hitsaustyön kannalta keskeisin huomiota vaativa asia on käytettävien hitsausprosessien optimointi. Toisin sanoen on pyrittävä hitsaamaan kukin sauma aina tuottavimmalla menetelmällä. MIG/MAG-hitsauksella saadaan TIG-hitsausta suurempi tuotto, mutta MIG/MAG-hitsausta ei taas ole niin helppo suorittaa kaikkiin kohteisiin. Muun muassa pääsy hitsattavaan saumaan ja hitsausasento vaikuttavat merkittävästi valittavaan menetelmään. Tuotteen valmistuksen yhteydessä on toistaiseksi käytetty ajoittain turhan paljon TIG-hitsausta sellaisissa kohteissa, jotka voitaisiin hitsata myös MIG/MAG-hitsauksella. Tämän vuoksi olisi tärkeä määrittää yksityiskohtaisesti, mitkä saumat hitsataan milläkin menetelmällä ja missä asennossa. Hitsausautomaation taso on nykyisellään hyvin alhainen ja tason nostamisesta on käyty keskustelua, mutta sopivaa laitteistoa tähän tarkoitukseen ei ole toistaiseksi löytynyt.

Osien kokoonpanot ennen hitsauksia tehdään kaikki myös manuaalisesti, jolloin vaaditaan ammattitaitoisia levyseppiä yhdistämään osat toisiinsa. Merkittävimpiä apuvälineitä, joita tuotteen valmistuksessa hyödynnetään, ovat pyörityspöydät ja pyöritysrullastot, itse suunnitellut kokoonpanojigit sekä työpöydät. Nämä apuvälineet ovat melko yksinkertaisia, mutta tehokkaita oikein käytettyinä. Pyörityslaitteistoja voisi hyödyntää selkeästi nykyistä enemmänkin, jotta mahdollisimman moni hitsattava kappale saataisiin aina optimaalisimpaan asentoon hitsausta ajatellen ja turhia nostoja vältettäisiin. Tämä mahdollistaisi nopeamman valmistuksen sekä myös paremman laadun, työturvallisuuden ja ergonomian, koska nostojen ja kiinnitysten sekä fyysisesti hankalammissa asennoissa tehtävien hitsausten määrä vähenisi.

Koska tuotteen tietyt osakokonaisuudet ovat aina rakenteellisesti samanlaisia, mutta kooltaan erilaisia, olisi modulaaristen kokoonpanojigien suunnittelu ja toteuttaminen varteentotettava vaihtoehto. Tällöin saataisiin tehostettua osakokonaisuuksien kokoonpanohitsauksia, koska osat voitaisiin asetella suoraan kokoonpanojigiin, jolloin ne saataisiin yhdistettyä nopeammin ja tasalaatuisemmin, verrattuna perinteiseen pöydän päällä tehtävään kokoonpanoon. Pöydän päällä kokoonpantaessa ilman jigiä, joudutaan mittailemaan enemmän, jotta osat saadaan oikeille kohdille ja on todennäköisempää, että mittauksista johtuen, tulee myös mittaeroavaisuuksia valmiiden osakokonaisuuksien välille.

Suurempia kappaleita, kuten tuotteen vaippaosia tehdään valtaosin suoraan lattian päällä, mutta työtasojen käyttöä olisi hyvä lisätä, vaikka tasojen koot kasvaisivatkin, sillä tällöin kappaleet saataisiin kiinnitettyä hyvin tarvittaessa sekä valmistus tehtyä todennäköisemmin suuremmalla pinnalla. Kokoonpanojen kannalta olisi myös tärkeää kriittisesti arvioida, ovatko käytettävät menetelmät optimaalisimmat valmistuksen kannalta, eli voitai-

siinko osien yhdistämistä toisiinsa ennen hitsausta tehostaa jollain tavalla. Hitsauskoneiden ja apuvälineiden lisäksi pienosavalmistus ja kokoonpanopisteissä tarvitaan perustyökaluja, kuten kulmahiomakoneita, puristimia ja vasaroita sekä erilaisia mittavälineitä, jotta tuote saadaan valmiiksi.

Kaiken kaikkiaan teknologioiden ja menetelmien kannalta suurin haaste on paikoin epäjohtonmukaiset tavat toimia. Tämä johtuu siitä, ettei ole määritetty tarkasti, mitä teknologioita ja menetelmiä käytetään missäkin valmistusvaiheessa. Tällöin jää valinnanvaraa, jolloin ei aina välttämättä toimita tuottavuuden kannalta optimaalisimmin. Tämän vuoksi olisi tarkkaan määriteltävä niin käytettävät hitsausteknologiat, apuvälineet kuin työkalutkin jokaiselle valmistusvaiheelle ja kappaleelle yksityiskohtaisesti.

4.9 Laadunvarmistus

Tuotteen valmistuksen aikainen muu kuin hitsauksen laadunvarmistus on tähän saakka perustunut lähinnä työnjohton sekä projektipäällikön suorittamiin summittaisiin tarkastuksiin valmistuksen edetessä. Tämä tarkoittaa käytännössä havaituista puutteista huomauttamista ja mahdollisten neuvojen antamista työntekijöille korjaustoimenpiteiden suorittamiseksi. Työpisteisiin on ajoittain toimitettu myös erillinen vaatimuslista tuotteen laadulle, mutta melko yleisellä tasolla. Lista on käytännössä ohjeistus siitä, mitä pitäisi huomioida valmistuksen aikana, eikä siihen edellytetä kuittauksia siitä, että kyseiset asiat on huomioitu ja tarkastettu. Lista perustuu asiakkaan laaduntarkastusdokumentaation, jota asiakas käyttää tuotteen lopputarkastuksen yhteydessä. Valmistuksen sisäistä vaatimuslistaa on myös pyritty päivittämään sen mukaan, mitä huomautuksia asiakkaalta on mahdollisesti tullut edeltävissä projektissa. Tällä tavoin pyritään ehkäisemään samojen virheiden toistumista seuraavissa projekteissa. Asiakkaan vaatimat mittaukset suoritetaan ja mittapöytäkirjat täytetään ennen varsinaista lopputarkastusta. Täytettävä mittapöytäkirja on asiakkaan toimittama ja siinä mitataan lähinnä tuotteen fyysiset maksimit sekä tukien ja yhteiden sijainnit.

Hitsauslaatua tarkastetaan hyvinkin tarkasti läpi tuotteen koko valmistusprosessin. Hitsausaumoille suoritetaan sekä visuaalinen-, että tunkeumanestetarkastus, joista täytetään yksityiskohtaiset tarkastusdokumentit. Visuaalinen eli silmämääräinen tarkastus suoritetaan ennen tunkeumanestetarkastusta. Tarkastukset suorittavat sertifioidut tarkastajat, jotka noudattavat tarkastusstandardin määrittämää tarkastusprosessia. Visuaalisen tarkastuksen avulla hitsisaumasta etsitään nimensä mukaisesti silmämääräisesti havaittavissa olevia hitsausvirheitä, jotka on määritelty tarkastusstandardissa. Asiakas on määrittänyt tietyn standardin mukaisen laatuvaatimuksen hitsauksille, jonka perusteella standardista saadaan tarkastuksissa tehtyjen havaintojen arviointikriteerit. Toisin sanoen pystytään määrittämään mahdollisten virheiden tyypit ja niiden hyväksymisrajat. Tunkeumanestetarkastuksella etsitään pintavirheitä, joita ei ole silmämääräisessä tarkastuksessa mahdollista havaita. Tunkeumanestetarkastus paljastaa muun muassa hitsisauman pinnassa olevat pienetkin huokokset sekä halkeamat.

Hitsauslaadun tarkkailua lukuun ottamatta tuotteen muun laadun tarkkailu on nykyisellään paikoin puutteellista. Esimerkiksi mitoituksen ja sitä kautta tuotteen piirustustenmukaisuuden tarkastaminen jää selkeästi liikaa valmistuksen loppupäähän. Tällöin mahdollisten laatu poikkeaminen korjaaminen on hankalampaa, jolloin kuluu aikaa ja syntyy turhia kustannuksia. Esimerkiksi mittojen tarkastaminen osakokonaisuuksista jo valmistuksen aikaisessa vaiheessa sopivin kohdin, olisi erittäin tärkeää. Tällöin mahdollisiin poikkeamiin voitaisiin puuttua välittömästi ja korjaukset tehdä jo kyseisessä valmistusvaiheessa. Omat sisäiset mittapöytäkirjapohjat olisi lisäksi yhtenäistettävä ja yksinkertaistettava nykyisestä, jotta joka projektille saataisiin luotua helpolla tarvittavat mittapöytäkirjat. Täten niiden käyttökin varmasti lisääntyisi, sillä nykyisellään turvaudutaan liikaa pelkästään asiakkaan toimittamaan mittapöytäkirjaan, jota voidaan kuitenkin käyttää vasta tuotteen valmistuttua, mikä on taas ennalta ehkäisevän laaduntarkkailun kannalta liian myöhään.

Valmistuksesta puuttuu omat sisäiset tarkastuslistat, jotka käytäisiin läpi ja täytettäisiin aina tietyn kokonaisuuden osalta tietyssä valmistusvaiheessa. Tärkeää olisi, että kaikki kriittiset kohdat käytäisiin läpi ja varmistuttaisiin siitä, että tuote vastaa asiakkaan sille asettamia vaatimuksia. Nykyisellään, kun ei ole selkeää tarkastuslistaa, saattaa joitain asioita jäädä helposti huomiomatta. Tällöin asiakas viimeistään varmasti huomauttaa asiasta lopputarkastuksen yhteydessä, mikä ei tietenkään ole suotavaa. Laadunvarmistuksen kannalta hankalaa on myös se, että projekteille ei toistaiseksi ole määrätty laatuvaastaavaa, joka vastaisi siitä, että mittaukset ja tarkastukset tulevat tehtyä ja tuote on vaatimustenmukainen. Mittaukset ja tarkastukset voi tehdä kuka tahansa, jota on ensin ohjeistettu asiasta, mutta toiminnan selkeyttämiseksi tarvittaisiin nimetty vastuhenkilö.

Yhteenvedona laadunvarmistuksen suurin haaste on kunnollisen laatuohjeistuksen, tarkastuslistojen ja mittapöytäkirjojen puute. Nämä pitäisi suunnitella ja toteuttaa huolella, jotta ne olisivat tarkoituksenmukaisia tuotteen laatutason jatkuvan parantamisen kannalta. Pelkkien dokumenttien teko ei kuitenkaan riitä, vaan on myös luotava käytännöt, jotka mahdollistavat laadun seurannan järjestelmällisesti valmistuksen alusta alkaen. Täten minimoidaan riskiä sille, että valmiista tuotteesta löytyisi suuria, aikaa vieviä ja siten kalliita virheitä. Lopullinen päämäärä on toki luoda sellaiset prosessit, jotka jo itsessään minimoivat virheiden syntymisen mahdollisuutta ja siten saataisiin osat, osakokonaisuudet ja itse tuote kerralla valmiiksi vaatimustenmukaisena.

4.10 Tieto- ja dokumentaatiovirta

Tuotantoprosessin käynnistää asiakkaalta tuleva tieto jätetyn tarjouksen hyväksynnästä. Tieto tästä saapuu myynnille sekä mahdollisesti myös jo tarjouslaskentavaiheessa mukana olleelle projektipäällikölle. Tieto saapuu lähes poikkeuksetta sähköpostin välityksellä. Mikäli tämä tieto saapuu vain myynnille, on myynnin tehtävä välittää tämä tieto eteenpäin sekä projektiorganisaatiolle, että taloushallinnolle. Myynnin on myös varmis-

tettava, että valittu projektipäällikkö saa tarvittavat tiedot projektin suunnittelua ja läpivientiä varten. Tämä tarkoittaa, että myynnin on toimitettava projektipäällikölle asiakkaan tilausdokumentaatio, josta käy selville projektin vaatimukset. Tilausdokumentaatio on yleensä pdf-formaatissa, joka välitetään sähköpostilla eteenpäin.

Projektipäällikölle on toimitettava myös projektin kustannuslaskenta, josta käy ilmi projektin budjetti. Kustannuslaskenta toimitetaan sähköpostin välityksellä Excel-formaatissa. Kustannuslaskentatieto on tärkeää projektin suunnittelun kannalta, jotta budjetoidut kustannukset ja ajankäyttö tiedetään tarkasti. Myynnin tehtävä on lisäksi tallentaa sekä tilausdokumentaatio, että kustannuslaskenta sähköisenä myynnin omaan hakemistoon, jossa on kaikkien varmistuneiden projektien tiedot.

Taloushallinto tarvitsee myynniltä tiedot projektin toimitusajasta ja myyntihinnasta sekä tiedon hankintojen ja työn kustannusbudjetista. Nämä tiedot toimitetaan sähköpostin välityksellä. Näiden tietojen avulla taloushallinto pystyy kirjaamaan tilauksen ERP-järjestelmään ja avaamaan projektille oman tunnuksen. Taloushallinnon tehtävä on ilmoittaa avattu projektitunnus projektipäällikölle. Tämä tieto saapuu yleensä sähköpostilla. Projektipäällikön tehtäviin kuuluu informoida valittua työnsuunnittelijaa avatusta projektitunnuksesta, jotta työnsuunnittelija tietää oikean projektitunnuksen aloittaessaan työnsuunnittelun ERP-järjestelmään.

Projektipäällikön tehtävä on luoda projektitunnuksen perusteella projektihakemisto, johon tallennetaan kaikki projektin kannalta oleelliset tiedot. Lisäksi projektikansiota on ylläpidettävä projektin kuluessa uuden tiedon myötä. Projektikansioon luodaan alihakemistoja muun muassa projektin aikataululle, piirustuksille, materiaaleille, ohjeistuksille, tarkastuksille, dokumentaatiolle ja raporteille. Projektikansioiden ongelma on nykyisellään siinä, että niiden rakenne ja sisältö vaihtelevat hyvin pitkälti projektista ja projektipäälliköstä riippuen. Pitäisikin luoda yhtenäiset kansiorakenteet, joiden perusrakenne ainakin olisi identtinen kaikkien projektien kohdalla. Tämä helpottaisi ja nopeuttaisi tiedonhakua huomattavasti.

Toimitusajan ja budjetoidun työtuntimäärän perusteella projektipäällikkö luo projektin aikataulun. Aikataulu on sitä helpompi luoda, mitä tarkemmin projektin kustannuslaskenta on tehty. Tarkasta kustannuslaskennasta saadaan selville eri valmistusvaiheille budjetoidut kestot. Projektipäällikkö määrittää aikatauluun kestot ja ajankohdat työnsuunnittelulle, hankinnalle ja valmistukselle. Valmistus pilkotaan yleensä hyvinkin yksityiskohdalliseksi tasolle, jossa eri vaiheet seuraavat toisiaan. Lisäksi vaiheille määritetään budjetoidut työtunnit. Aikataulu tehdään Excel-taulukoon. Projektipäällikkö tallentaa aikataulun projektikansioon sekä toimittaa aikataulun sähköpostilla tuotannonsuunnittelijalle, työnjohdolle ja työnsuunnittelijalle.

Ennen työnsuunnittelun aloittamista on asiakkaalta saatava jäädytetyt valmistuspiirustukset. Asiakas toimittaa valmistuspiirustukset sähköpostilla tai latauslinkkien avulla joko

pelkästään myynnille tai ajoittain samalla myös jo projektipäällikölle. Mikäli valmistuspiirustukset saapuvat ainoastaan myynnille, niin myynnin on lähetettävä piirustukset tai latauslinkki eteenpäin projektipäällikölle. Projektipäällikkö tallentaa valmistuspiirustukset projektikansioon sekä informoi työnsuunnittelijaa piirustusten sijainnista, jotta työnsuunnittelija voi aloittaa työnsuunnittelun.

Ennen kuin projektin työnsuunnittelua tai mitään muuta toimintoa aloitetaan, olisi pyrittävä pitämään projektin aloituspalaveri mahdollisimman pian projektin varmistumisen jälkeen, jossa myynti kävisi läpi mitä on myyty, mitkä ovat vaatimukset sekä projektin aikataulu. Tällöin keskeisimmät projektin osapuolet saisivat kootusti tiedon siitä, mitä on odotettavissa. Tällainen järjestely koskee erityisesti täysin uusia tuotteita, mutta myös tuttujen tuotteiden osalta tällainen lähestymistapa olisi suotavaa. Tuttujen tuotteiden osalta käy kuitenkin usein niin, että aloituspalaverin pitäminen jää projektipäällikön vastuulle, eikä myynti välttämättä ole paikalla lainkaan. Myynnin olisi kuitenkin aina hyvä olla paikalla, jotta myös myynnillinen näkemys projektista tulisi kommunikoitua parhaalla mahdollisella tavalla. Projektin aloituspalaverissa on perinteisesti paikalla projektipäällikön lisäksi edustajat tuotannonjohdosta, hankinnasta, työnsuunnittelusta sekä mahdollisuuksien mukaan myynnistä.

Projektipalaverien ongelma nykyisellään on siinä, että ne pidetään ajoittain melko myöhään sen jälkeen kun tilaus on varmistunut. Olisi kuitenkin hyvä, jos palaveri saataisiin pidettyä muutaman päivän sisällä tilauksen varmistumisesta, jotta koko projektille saataisiin terävä alku ja kaikki projektissa mukana olevat osapuolet saisivat tarvittavat tiedot ja pääsisivät esittämään tarkentavia kysymyksiä heti alkuvaiheessa. Näin uusien ja mahdollisesti hankalienkin asioiden selvittämiseen jää paremmin aikaa.

Aloituspalaverissa käydään läpi perustiedot projektista sekä sovitaan vastuuhenkilöistä koskien työnjohtoa, työnsuunnittelua, ostoa sekä hitsausta ja sen valvontaa ja tarkastuksia, mikäli näille ei ole jo ennalta sovittu vakiovastuuhenkilöitä. Projektipäällikön tehtävä on tallentaa aloituspalaverin muistio projektikansioon sekä toimittaa muistio palaverissa mukana olleille sähköpostin välityksellä. Ennen valmistuksen aloitusta pyritään pitämään erillinen valmistuksen aloituspalaveri, jossa käydään projektia ja valmistettavaa tuotetta tarkemmin läpi tuotantohenkilöstön kanssa kootusti, jotta valmistukseen osallistuvilla olisi mahdollisimman hyvät ja yhtenäiset lähtökohdat projektin menestyksekkääseen toteutukseen. Tämä palaveri on kuitenkin ajoittain jäänyt pitämättä, mikä ei luonnollisestikaan ole hyvä asia.

Työnsuunnittelun myötä syntyvät hankintatarveimpulssit, kuten aiemmissa luvuissa on kuvattu. Hankintatarpeet siirtyvät siis suoraan ERP-järjestelmän sekä kiireellisten asioiden osalta sähköpostien välityksellä hankintaan. Hankinta taas tekee ostotilaukset saatujen tietojen perusteella lähtökohtaisesti ensin ERP-järjestelmään, josta saadaan ostotilausdokumentti ulos pdf-formaatissa, joka lähetetään erikseen sähköpostilla toimittajalle. Ostotilauksen tilaksi muutetaan ERP-järjestelmään lähetetty, sen jälkeen kun ostotilaus on

lähetetty. Kun toimittaja on vahvistanut tilauksen, useimmiten sähköpostilla, vaihdetaan tilauksen tilaksi vahvistettu. Tällöin olisi tärkeää samalla kirjata järjestelmään myös toimittajan arvioima toimituspäivä, kuten aiemmin mainittua.

Tilatun materiaalin saapuessa kohdeyrityksen tavaravastaanottoon, kuittaa tavaravastaanottaja materiaalin saapuneeksi suoraan ERP-järjestelmään, jolloin kyseisen rivin tilaksi muuttuu saapunut. Jotta saapuvasta materiaalista kävisi ilmi, mihin projektiin materiaali on tarkoitettu ja jotta vastaanottokuittaus olisi mahdollisimman helppo tehdä, on tilausvaiheessa ilmoitettava viitteeksi projekti- tai työnumero, minkä toimittaja kirjaa lähetysdokumentteihin, jotka saapuvat materiaalin mukana. Valitettavan usein nämä tunnistetiedot puuttuvat. Syynä on joko se, että ostaja ei ole ilmoittanut näitä tietoja toimittajalle tai sitten toimittaja ei jostain syystä ole kirjannut näitä tietoja lähetysdokumentteihin. Parannettavaa tässä asiassa on huomattavan paljon, jotta jatkossa aikaa ei kuluisi sen selvittelymiseen, mihin saapuva tavara on tarkoitettu.

Toinen ongelma materiaalien vastaanottokuittauksissa on se, että jos projektille saapuu kerralla esimerkiksi suurempi erä putkikomponentteja, ei tavaravastaanottaja aina välttämättä käy läpi kaikkia yksittäisiä toimitusrivejä ja laske jokaista komponenttia, vaan kuittaa suoraan koko toimituksen vastaanotetuksi. Tällöin myöhemmin tuotannossa saat-
taa tulla ikäviä yllätyksiä, kun jokin komponentti puuttuukin, vaikka ERP-järjestelmä näyttää sen saapuneen. Järkevämpää niin ajallisesti kuin kustannuksellisesti, olisi tarkastaa kaikki saapuvat materiaalit yksityiskohtaisesti, jotta tuotanto ei keskeydy myöhemmin materiaali-
puutteisiin.

Materiaalien kannalta ongelmallisempia ovat palveluiden tilaukset, joiden osalta etenkin tilauksen vastaanotto ja päättäminen jäävät usein tekemättä reaaliaikaisesti, jolloin joudutaan selvittämään jälkikäteen tilausten statusta. Tämä koskee etenkin muun muassa peittaus- ja maalauspalveluita. Tämä johtuu siitä, että käsitelty materiaali saapuu yleensä takaisin ohi tavaravastaanoton. Lisäksi näissä toimituksissa ei usein ole mitään viitettä dokumenttien mukana tai dokumentteja lainkaan mukana.

Materiaalien jäljitettävyyden on tärkeä asia etenkin käsiteltävän tuotteen osalta. Hankinnan pitäisikin tallentaa toimittajilta saamansa materiaalitodistukset hankinnan omaan materiaalitodistushakemistoon, jonne ne tallennetaan pdf-muodossa ja tiedoston nimeksi laetaan kyseisen ostotilauksen tunnus ERP-järjestelmässä. Tallennukset jäävät kuitenkin melko usein tekemättä ja materiaalitodistukset jäävät ostajien sähköposteihin. Järkevintä olisi tallentaa todistukset välittömästi niiden saapumisen jälkeen sovittuun paikkaan, jotta jälkepäin ei tarvitsisi käyttää aikaa niiden etsimiseen. Lisäksi nykyinen käytäntö, jossa materiaalitodistukset nimetään pelkästään ostotilaustunnuksen perusteella, on melko hankala etsittäessä jälkikäteen projektin materiaalien materiaalitodistuksia. Viime aikoina onkin pyritty siirtymään enemmän toimintatapaan, jossa hankinta lähettää projektikohtaiset materiaalitodistukset myös suoraan projektipäällikölle. Tämä ei kuitenkaan tois-
taiseksi ole vielä lähtenyt toimimaan toivotulla tavalla.

Jälkikästä materiaalitodistusten etsintää tekee yleensä projektipäällikkö, joka vastaa projektin dokumentaatiosta. Tällöin on etsittävä ensin ERP-järjestelmästä kaikki projektin ostotilaukset, jotta saa selville ostotilaustunnukset, joiden perusteella voi hakea oikeita materiaalitodistuksia. Haastavammaksi tilanne muodostuu, jos on käytetty joitain sellaisia materiaaleja, joita ei ole tilattu projektikohtaisesti, kuten esimerkiksi haponkestävät teräslevyt, jotka ovat varastotavaraa. Tällöin oikean materiaalitodistuksen löytämiseksi joutuu tekemään huomattavan paljon työtä, koska ensin on etsittävä ERP-järjestelmästä kaikki ne ostotilaukset, jossa kyseistä materiaalia on tilattu. Tämän jälkeen pitää leikatun levyn sulatusnumeron perusteella etsiä oikea materiaalitodistus kaikkien näiden ostotilausten perusteella nimettyjen materiaalitodistusten joukosta.

Työnsuunnittelun tuloksena syntyvät materiaaliarpeiden lisäksi myös työkortit, joiden tehtävä on ohjata valmistusta lattiatasolla. Työnsuunnittelija tulostaa työkortit sekä niihin liittyvät piirustukset ja toimittaa ne projektin kokoonpanoista vastuullisena olevan työnjohtajan pöydälle. Lisäksi työnsuunnittelija tulostaa oman työkortti- ja piirustusnipun esikäsittelyä varten. Nämä työnsuunnittelija toimittaa esikäsittelyn työhön osallistuvalla työnjohtajalle, joka laittaa työkortit ja piirustukset esikäsittelyssä olevaan kaappiin, jossa on kaikki käynnissä olevien projektien työkortit ja piirustukset lokeroittain.

Työkorttien perusteella työntekijät saavat tiedon siitä, mitä pitäisi valmistaa ja miten, milloin ja mihin osat toimitetaan seuraavaksi. Lisäksi työkorttien pitäisi seurata materiaalin mukana koko tuotantoprosessin läpi. Usein työkortit kuitenkin unohdetaan laittaa mukaan lähetettäessä osia seuraavaan työpisteeseen tai sitten ne häviävät jonnekin viimeistään kuljetuksien yhteydessä. Tämä aiheuttaa turhaa työtä, kun työkortteja etsitään ja tulostetaan uudestaan. Työkorttien osalta on myös puutteita siinä tiedossa, mihin osat toimitetaan seuraavaksi sekä etenkin valmistusajankohdissa. Osien seuraava toimituskohde esikäsittelyn jälkeen puuttuu usein työkorteista yksinkertaisesti siitä syystä, että valmistuksen layout elää niin paljon, kuten aiemmin mainittua, ettei tarkkoja toimituspisteitä ole mahdollista määrittää. Usein pysytään kuitenkin hallitasolla sanomaan, mihin halliin osat on tarkoitus seuraavaksi kuljettaa.

Työkortista löytyy aina vaiheiden valmistusajankohdat ja suunnitellut kestot, mutta näiden tietojen luotettavuus on ajoittain hyvin heikkoa. Etenkin jos työnsuunnittelijalla ei ole ollut tiedossa eri vaiheiden suunniteltuja kestoajoja ja ajankohtia, niin niiden arviointi ilman kokemusta on hyvin vaikeaa. Suurempi ongelma on kuitenkin se, että vaikka kyseiset tiedot olisi saatavilla ja projektipäällikkö toimittanut ne niin kuin kuuluu, niin projektipäällikkö ei voi huomioida muiden projektien tuotannonkuormitusvaikutusta projektin aikataulusvaiheessa. Kaikkien samanaikaisten projektien sovittaminen tuotantoon kuuluukin tuotannonsuunnittelijan tehtäviin. Tuotannonsuunnittelijalla on haasteellinen tehtävä sovittaessaan eri projektit tuotantoon siten, että kaikkien aikataulu pitää ja resurssit riittävät.

Työnsuunnittelu ja tuotannonsuunnittelu tekevät nykyisellään melko erillään töitä toisistaan eikä kommunikaatiota näiden osapuolten välillä ole kovin paljoa.. Käytännössä asia etenee siten, että työnsuunnittelija tekee työvaiheiden aikataulutuksen ERP-järjestelmään projektipäällikön toimittaman aikataulun perusteella. Oikeastaan tähän ei ole muuta vaihtoehtoa, sillä käsiteltävän tuotteen osalta valmistusaikataulut ovat poikkeuksetta niin tiukoja, että pelivaroja ei käytännössä ole. Tuotannonsuunnittelija joutuu siten suunnittelemaan koko tuotannon kapasiteettitarvetta saman, projektipäällikön toimittaman aikataulun perusteella. Tuotannonsuunnittelijan haasteeksi jää tällöin resurssien kohdistaminen eri projektien välillä. Mikäli tuotannonsuunnittelija onnistuu kohdistamaan tarvittavat resurssit aikataulun mukaisesti, niin työkorttienkin valmistusajankohdat saadaan pidettyä suunniteltuina. Mutta jos jossain kohdassa ei päästä aloittamaan työvaihetta siinä kohtaa kuin on suunniteltu, niin se vaikuttaa helposti myös kaikkiin seuraaviin vaiheisiin etenkin aikataulullisesti kriittisten vaiheiden osalta.

Ongelmaksi tässä kohtaa muodostuu muutosten tekeminen. Jo kerran tehtyjä ja tulostettuja työkortteja olisi valtava työ alkaa päivittämään ERP-järjestelmän kautta joka kerta, kun muutoksia tulee. Täten työkorteissa olevia valmistusajankohtia ei käytännössä koskaan muuteta, kun muutoksia ilmenee. Tällöin muutokset aiheuttavat sen, että tuotannossa olevat työkortit sisältävät virheellistä tietoa vaiheiden aloitusajankohdan suhteen eikä niiden avulla pystytä enää ohjaamaan tuotantoa halutusti. Valmistusta ohjataankin enemmän Excel-aikataulujen avulla, joiden päivittäminen muutosten tullen on myös työlästä, mutta kuitenkin helpompaa kuin työkorttien päivittäminen. Ongelmallista taas kuitenkin on se, että tuotannossa on tällöin kahta eri aikataulutietoa, työkorttien aikataulu ja erillinen Excel-aikataulu. Tästä johtuen on selkeästi ollut huomattavissa, että etenkin työkorttien aikatauluihin ei lähtökohtaisesti enää edes uskota tuotannon puolella.

Työntekijöiden eri työvaiheisiin käyttämä aika saadaan selville työkorttileimausten perusteella. Aloittaessaan uuden työn, työntekijät ottavat kyseisen työn työkortin ja menevät leimauspäätteelle, johon asetetaan ensi oma henkilökohtainen tunnistevain, jotta leimausjärjestelmä tunnistaa henkilön ja osaa kohdistaa työtunnit oikealle henkilölle. Tämän jälkeen työntekijä käyttää viivakoodinlukijaa ja lukee työkortista viivakoodin aloitettavan työn kohdalta. Tällöin työaika alkaa kohdistua uudelle työlle ja työajan kohdistuminen edelliselle työlle päättyy. Työkorttileimausten luotettavuus ja oikeellisuus on nykyisellään kuitenkin hyvin heikolla tasolla. Tätä ja sen merkitystä käsitellään tarkemmin seuraavassa luvussa.

Leimausjärjestelmän kautta käytetyt työtunnit siirtyvät suoraan ERP-järjestelmään ja kirjautuvat projektin kustannuksiksi. Kun vaihe valmistuu ja se kirjataan myös ERP-järjestelmään valmiiksi, niin myös kyseisen vaiheen sisältämät materiaalit kuittautuvat käytetyksi ja siten niistä muodostuu kyseisen projektin kustannuksia. Tässä kohdin voi järjestelmä kohdistaa virheellisiä kustannuksia projektille, mikäli työnsuunnittelussa on kirjattu esimerkiksi materiaalinimike väärin eikä kyseistä materiaalia olekaan todellisu-

dessa käytetty valmistuksessa. Lisäksi mikäli projektin aikana tuotteeseen tehdään rakenteellisia muutoksia, on muutosten aiheuttamat materiaali muutokset myös kirjattava ERP-järjestelmään työsuunnittelijan toimesta, jotta projektille kohdistuu todelliset materiaalikustannukset.

Valmistuksen sisäinen dokumentaatio on melko vähäistä, jos työkortteja ei huomioida. Nestaaajat toimittavat laserleikkurin operaattorille nestit eli käytännössä leikkaustiedot paperisena. Paperista käy ilmi leikattava materiaali, arkkikoko, vaaditut koneasetukset, lista leikattavista kappaleista ja niiden kappalemääristä, osien laserleikkuuta seuraava työvaihe mahdollisuuksien mukaan sekä luodun leikkuuohjelman nimi. Leikkuuohjelman nimen perusteella, operaattori löytää leikkuuohjelman verkkolevyltä, jonne nestaaaja sen on tallentanut ja operaattori lataa leikkuuohjelman koneelle leikkuuta varten. Materiaalien jäljitettävyyden kannalta tärkeät levyjen sulatusnumerot kirjataan nestaaajan toimittamaan paperiseen nestilappuun operaattorin toimesta. Näin nähdään jälkikäteen, mistä levystä mikäkin osa on leikattu. Operaattori siirtää nestilapun leikkuun jälkeen projektikohtaiseen kansioon, jonka projektipäällikkö noutaa leikkausten jälkeen operaattorilta arkistointia varten.

Mekanisoituun saumahitsaukseen toimitetaan työkorttien ja piirustusten yhteydessä yhteen hitsattavien osien levykartat paperisena. Näistä piirustuksista käy selville, mitkä levyt on hitsattava ja miten päin. Levykartat pitäisi lähettää osien mukana kokoonpanoon, jotta myös kokoonpanossa tiedetään, miten nestauksessa pilkotut kokonaisuudet on tarkoitettu liittää toisiinsa. Usein levykartat kuitenkin unohtuvat lähettää materiaalien mukana kokoonpanoihin tai ne häviävät kuljetusten aikana. Eri työvaiheille toimitetaan lisäksi valmistuksen aikana, mikäli tarvetta ilmenee, tarkennettuja piirustuksia tai osasuurenoksia niistä. Esimerkiksi voi olla, että suunnittelussa ei ole yksityiskohtaisesti määritelty jonkin osan paikkaa piirustuksiin, jolloin tarvittavien mittojen selvittäminen jää joko projektipäällikön, työsuunnittelijan tai työnjohtajan selvittäväksi ja kommunikoidavaksi tuotantoon.

Tuotteelle tehtävistä NDT-tarkastuksista täytetään tarkastuspöytäkirjat tuotannossa. Tarkastajat täyttävät pöytäkirjat ja toimittavat ne suoraan projektipäällikölle, joka liittää ne osaksi projektin dokumentaatiota. Valmistuksen lopussa tehtävästä tuotteen mittojen tarkastuksesta täytetään asiakkaan toimittama dokumentti, johon asiakkaan vaatimat mitaukset ja niiden tulokset kirjataan. Mittausten jälkeen dokumentti toimitetaan projektipäällikölle liitettäväksi projektin dokumentaatioon. Asiakas täyttää lisäksi omat tarkastusdokumenttinsa tuotteen lopputarkastuksen yhteydessä, joista kohdeyrityksen projektipäällikkö saa kopiot arkistointia varten.

Selkeä puute nykyisessä tieto- ja dokumentaatiovirrassa on laatupalautteiden kohdalla. Laatupoikkeamista tehdään hyvin harvoin virallista dokumenttia. Tämä hankaloittaa laatu- ja kehityksen seuramista sekä ongelmiin puuttumista. Suurin osa laatu- ja kehityksen ongelmista tulee ainakin työnjohtotasolle saakka, jota kautta tieto saattaa suullisesti levitä myös

eteenpäin, mutta viralliset dokumentit jäävät tekemättä jo ensimmäisessä vaiheessa. Suurin syy heikkoon laatupalautteiden kirjaamisen on todennäköisesti ohjeistuksen ja valvonnan puute. Kun virallista dokumenttia ei tehdä, eikä sitä kautta ongelmia kirjata ERP-järjestelmään, niin usein ongelmat unohtuvat ja jäävät ratkaisematta, jolloin niiden toistuminen on todennäköistä.

Yleisellä tasolla tuotantoprosessin tietovirran ongelma kohdeyrityksessä on tiedonkulureittien epäselvyys. Ei ole selkeästi määritelty sitä, kenelle tieto esimerkiksi ongelmista olisi kerrottava. Tämän vuoksi tieto liikkuu hyvinkin vaihtelevia reittejä ja välillä tiedonkulku katkeaa kokonaan. Tiedonkulun katkeaminen johtaa yleensä ongelmiin, kuten osapuutteisiin tai väärin tai väärinlaisten osien valmistamiseen.

4.11 Suorituskyvyn arviointi ja sen haasteet

Käsitteltävän tuotteen menneistä projekteista ei ole saatavilla riittävän luotettavaa tietoa kohdeyrityksen ERP-järjestelmästä. Siten myöskään tuotantoprosessin suorituskyvyn arviointi pelkästään ERP-järjestelmän historiatiedon perusteella ei ole luotettavaa. Havaintojen ja kokemuksen perusteella ERP-järjestelmästä saatava tieto ei ole täysin luotettavaa, johtuen järjestelmään tehtävien kirjausten puutteista. Suurin ongelma on käytetyn työajan kirjaaminen oikeille töille oikean määräisenä sekä ostotilausten kohdistukset oikeille projekteille.

Jotta pystyttäisiin vertailemaan eri projektien välistä suorituskykyä, oli kyseessä sitten esimerkiksi tuottavuus, kustannustehokkuus tai laatu, olisi järjestelmän kirjausten oltava oikein ja ajan tasalla. Ongelmat lähtevät liikkeelle jo työnsuunnitteluvaiheessa, kun luodaan työkorttirakennetta projekteille. Tämän rakenteen ollessa erilainen eri projektien välillä, vaikka valmistettaisiinkin käytännössä samoja tuotteita, ei järjestelmästä saada yksityiskohtaista tietoa eri vaiheiden välisistä toteumista eri projektien välillä. Toki projekteista kokonaisuudessaan pitäisi saada vertailukelpoiset tiedot, mutta yksityiskohtaisten tietojen saaminen, mitkä olisivat kiinnostavia kehittämiskohteiden löytämisen kannalta, ei ole mahdollista.

Esimerkiksi, jos toisessa projektissa on luotu omat työkortit kaikille putkistoille erikseen, mutta toisessa projektissa taas kaikki putkistot on yhdistetty yhden työkortin alle, saadaan aivan eritasoista tietoa. Ensimmäisessä tapauksessa pitäisi saada muun muassa valmistustunnit putkistokohtaisesti selville. Toisessa tapauksessa taas saadaan vain kaikkiin putkistoihin käytetty työaika yhteensä. Molemmat ovat käytännössä riittäviä tietoja projektien väliseen putkistovalmistuksen suorituskyvyn vertailuun yleisellä tasolla, koska käytetyt työtunnit kokonaisuudessaan saadaan selville. Ensimmäisessä tapauksessa saadaan kuitenkin yksityiskohtaisempaa tietoa, jolloin nähdään myös mahdolliset kehittämistarpeet tarkemmin. Vaiheistusrakenteen erot eri projektien välillä luovat myös oman haasteensa vertailuihin. Nimittäin jossain projektissa on voitu tietylle osalle merkitä saman

asian suorittamiseksi kuitenkin eri työvaiheet, esimerkiksi mankelointi toisessa ja särmäys toisessa tai poraus toisessa ja koneistus toisessa. Tällöin myös osien vaiheistuksen vakiinnuttaminen eri projektien välillä muodostuu tärkeäksi, jotta ERP-järjestelmästä saataisiin yhdenmukaista tietoa.

Mitä yksityiskohtaisemmalle tasolle työkortituksessa mennään, sitä tarkempaa tietoa siis saadaan. Ongelmaksi tässä muodostuu mahdollisesti suureksi kasvava työkorttien määrä, mikä aiheuttaa haasteita käytännön työkorttileimausten tekemiselle valmistuksessa. Suuri työkorttimäärä aiheuttaa herkästi sekaannuksia sekä työntekijöiden turhautumista jatkuvaan leimausten vaihteluun. Tästä on seurauksena se, että leimauksia jätetään tekemättä, jolloin järjestelmän tiedot eivät olekaan enää luotettavia. Saatetaan esimerkiksi putkistojen tapauksessa olla pitkään yhden putkiston työkortilla eikä vaihdeta työkorttia sitä mukaa kun putkisto vaihtuu. Tämä ei muodostu ongelmaksi arvioitaessa putkistovalmistusta kokonaisuudessaan, mutta tällöin eri putkistokonstruktioiden välisiä valmistusaikojen eroja ei saada selville. Suurempi ongelma muodostuu, jos työntekijän leimaukset kohdistuvat kokonaan väärälle työlle. Tällainen tilanne saattaa syntyä, jos työntekijä siirretään esimerkiksi putkistovalmistuksesta tukirakenteiden valmistukseen eikä leimata uudelle työkortille siirron mukaisesti. Tällöin järjestelmästä saadaan täysin vääriä tietoja putkistojen ja tukirakenteiden valmistukseen käytettävistä ajoista. Tällöin kuitenkin edelleen projektiin kokonaisuudessaan käytetyt tunnit pysyvät oikeana ja vertailukelpoisena.

Kaikkein suurin ongelma syntyy, kun työntekijä siirretään työskentelemään kokonaan toiseen projektiin eikä työkorttia vaihdeta asianmukaisesti. Tällöin toiseen projektiin kertyy työtunteja ja kustannuksia virheellisesti liikaa ja toiseen projektiin taas liian vähän. Tällöin projektien välisen suorituskyvyn vertailu muodostuu hyvin vaikeaksi epäluotettavan tiedon vuoksi. Tällaisia vääriä leimauksia on kokemuksen perusteella esiintynyt valitettavan paljon kohdeyrityksessä. Mikäli tällaista havaitaan, on sen selvittäminen jälkikäteen, missä kukin on työskennellyt milloinkin, hyvin haastavaa ja turhaa aikaa vievää. Tämän vuoksi, jotta tulevaisuudessa saataisiin mahdollisimman vertailukelpoista tietoa käytetyistä työtunneista eri projektien välillä ja siten löydetäisiin kehityskohteita datan perusteella, on määritettävä sellaiset vakiodut työkorttikokonaisuudet, että saadaan sen tasoista tietoa, kuin halutaan. Lisäksi työkorttileimaukset on tehtävä kurinalaisesti ja leimausten oikeellisuutta on valvottava. Tämä tehtävä kuuluu kohdeyrityksessä työnjohdon tehtäviin.

Toinen merkittävä ongelma projektien välisen suorituskyvyn vertailussa on ostotilausten väärä kohdistuminen tai kohdistumatta jääminen projekteille. Mikäli ERP-järjestelmästä saatavat projektikohtaiset hankintakustannukset eivät pidä paikkansa, tehdään seuraavan projektin kustannuslaskennassa helposti virheellisiä päätelmiä. Tällöin ei myöskään pystytä vertailemaan eri projektien välistä kustannussuorituskykyä luotettavasti. Suurin syy tähän ongelmaan on hankinnassa tehtävät virheelliset tai puutteelliset kirjaukset ERP-järjestelmään. Jokainen ostotilaus on kohdistettava oikealle projektille, jotta saadaan luotettavaa tietoa vertailujen ja suorituskykyarviointien tekemiseen. Tässä on menty koko ajan

parempaan suuntaan kohdeyrityksessä, mutta edelleenkin tällä osa-alueella on puutteita. Kuten aiemmissa luvuissa on mainittu, niin etenkin ostopalvelujen kohdistamiset projekteille jäivät herkästi tekemättä. Tämä johtuu varmasti osittain siitä, että ostopalveluille ei tule ostoimpulssia ERP-järjestelmän kautta, kuten materiaaleille, vaan lähinnä sähköpostein projektijohdolta tai työnsuunnittelulta. Tämän vuoksi ostoimpulssin antajan olisi muistettava mainita aina projektitunnus, tehdessään sähköpostilla suoria ostopyyntöjä hankintaan.

ERP-järjestelmään tehtävien kirjausten oikeellisuuden tärkeyttä ei voi liiaksi korostaa. Esimerkiksi uusien projektien kustannuslaskentaan tällä on kokemuksen ja havaintojen perusteella suuri vaikutus. Mikäli ERP-järjestelmästä saatavaan historiatietoon ei voi luottaa, jää etenkin työtuntimäärien arviointi hyvin paljon kustannuslaskijan oman havainnoin ja kokemusten kautta saadun tiedon varaan. Tällöin on riskinä, että arvioidaan turhan varovasti tai rohkeasti, mutta muutakaan vaihtoehtoa ei ole. Nykyisellään saatavilla olevan tiedon epäluotettavuus on myös yksi syy siihen, miksi tässä työssä keskitytään laajemman kehitysstrategian luomiseen eikä paneuduta yksityiskohtaisella tasolla tuotantoprosessin tietyn osan kehittämiseen.

Jotta nykyisen tuotantoprosessin suorituskyvystä kuitenkin saataisiin edes jonkinlainen kuva, on seuraavassa selvitetty tähän mennessä valmistuneiden projektien tuotantoprosessin läpimenoajat sekä työn tuottavuus. Toistaiseksi vertailukelpoisia projekteja on valmistunut vasta neljä kappaletta, joten otanta on melko pieni. On myös huomioitava, että jokaisessa projektissa on valmistettu eri määrä tuotteita sekä tuotteet ovat olleet erikokoisia eri projektien välillä. Keskimääräiset arvot saadaan kuitenkin selville.

Tuotantoprosessin läpimenoaikojen selvittämiseksi määriteltiin tuotantoprosessin alku- ja loppuajankohdat. Alkuajankohdaksi valittiin se päivämäärä, jolloin asiakas on toimitanut valmistuspiirustukset. Tuotantoprosessin päättymisajankohdaksi taas valittiin se päivämäärä, jolloin tuote/tuotteet olivat pakattu. Tuotantoprosessi jaettiin vielä valmistukseen sekä sen aloitusta edeltäviin toimintoihin, jotta saataisiin selville valmistuksen sekä sitä edeltävien toimintojen läpimenoajat. Valmistuksen aloitusajankohdaksi ja sitä edeltävien toimintojen päättymisajankohdaksi määriteltiin se päivämäärä, jolloin ensimmäiset työtuntikirjaukset olivat kirjautuneet ERP-järjestelmään. Tässä kohdin on huomattava, että kaikki tarvittava materiaali tai alihankittavat osat eivät välttämättä ole vielä saapuneet, kun valmistus aloitetaan, mutta valmistus pystytään kuitenkin aloittamaan jo saapuneista materiaaleista. Täten etenkin hankintaprosessin todellinen läpimenoaika on ilmoitettua pidempi. Valmistuksen ja samalla tuotantoprosessin päättymishetkeksi taas määriteltiin se päivämäärä, jolloin ERP-järjestelmään oli kirjautunut viimeiset työtuntikirjaukset kyseiselle projektille. Tässä kohdin kuitenkin tarkasteltiin viimeisiä kirjauksia kriittisesti, sillä havaittavissa oli, että kirjauksia oli tehty vielä selvästi projektien päättymisen jälkeen. Tällöin todellisen päättymispäivämäärän selvittämiseksi tutkittiin projektiraportteja sekä sähköposteissa ollutta tietoa.

Projektien keskimääräiseksi läpimenoajaksi saatiin n. 89 työpäivää. Tästä läpimenoajasta valmistusta edeltävien toimintojen eli työnsuunnittelun ja hankintojen osuus oli n. 20 % eli 18 työpäivää. Valmistukseen eli esikäsittelyyn, pienosavalmistukseen, kokoonpanoon, pintakäsittelyyn, viimeistelyihin, lopputarkastuksiin ja pakkauksiin kuluva aika oli n. 71 työpäivää.

Työn tuottavuuden selvittämiseksi selvitettiin projekteissa valmistettujen tuotteiden massat valmistuspiirustusten perusteella sekä ERP-järjestelmästä projekteihin käytetyt valmistustunnit. ERP-järjestelmästä saatavan tiedon aiemmin kuvatut luotettavuusongelmat aiheuttavat kuitenkin sen, että tulosten oikeellisuuteen täytyy suhtautua varauksella. Valmistustunteja selvittäessä poistettiin datasta selkeästi virheelliset työtuntikirjaukset samalla periaatteella kuin läpimenoaikoja selvittäessä. Tuottavuus laskettiin jakamalla valmistettu massa valmistamiseen käytetyllä työtuntimäärällä. Tällöin saatiin selville kuinka monta kilogrammaa materiaalia saatiin valmistuksen läpi valmistustuntia kohden. Kohdeyrityksessä tätä mittaria käytetään paljon eri projektien valmistuksen tuottavuuden määrittämiseksi. Jotta tässä työssä ei paljastettaisi luottamuksellista tietoa, kerrottiin saatu tuottavuus sopivalla kertoimella. Keskimääräiseksi tuottavuudeksi saatiin tällöin noin 9 kg/tunti.

Taulukkoon 1 on koottu eri projektien valmistuksen tuottavuudet, josta käy täten selville myös tuottavuuden kehitys. Taulukosta nähdään, että ensimmäisen projektin jälkeen tuottavuus laski, mutta tämän jälkeen se on lähtenyt nousuun. Tässä kohtaa on toki huomiotava, että projektien väliset tuotekokoerot vaikuttavat varmasti osaltaan myös saatuihin arvoihin. Tämän vuoksi taulukkoon on myös sisällytetty kunkin projektin sisältämien tuotteiden kokoluokat perustuen tuotteiden vaipan halkaisijaan.

Taulukko 1. Valmistuksen tuottavuudet projektikohtaisesti.

Projekti	Sisältyneiden tuotteiden kuvaus	Tuottavuus (kg/tunti)
1.	1 kpl pieni (halk. n. 2 m) + 1 kpl keskikokoinen (halk. n. 3,5 m)	10
2.	4 kpl pieni (halk. n. 2 m)	7,4
3.	1 kpl keskikokoinen (halk. n. 3m)	8,1
4.	6 kpl suuri (halk. n. 4 m)	10,5

5. TUOTANTOPROSESSIN TAVOITETILA

Tavoitetilassa käsiteltävän tuotteen tuotantoprosessin virtaus on kokonaisuudessaan nykyistä sujuvampaa, läpimenoajat nykyistä pienemmät, työn tuottavuus korkeampaa, keskeneräisen tuotannon määrä pienempi, informaation kulku parempaa ja selkeämpää sekä tuotteen laatutaso korkeampi ja laatutason vaihtelut vähäisempiä. Seuraavassa on kuvattu, mitä tämä tarkemmin ottaen tarkoittaa tuotantoprosessin eri osa-alueiden kohdalla.

Tavoitetilassa työnsuunnitteluprosessin läpimenoaika on huomattavasti nykyistä pienempi ja suunnittelun tulos laadukkaampi. Prosessia olisi pystyttävä kehittämään nykyistä automaattisemmaksi, jotta manuaalisen ja aikaa vievän työn määrää saataisiin vähennettyä. Työnsuunnittelu on usein pullonkaula, jonka pitkittyminen siirtää myös hankintojen ja sitä kautta valmistuksen aloittamista. Tavoitetilassa työnsuunnittelu pystytään aloittamaan välittömästi projektin varmistuttua ja valmistuspiirustusten saavuttua. Lisäksi työnsuunnittelu saadaan valmiiksi 1-2 työpäivän kuluessa, mikäli kyseessä on tuttu tuote. Tavoitetilassa ERP-järjestelmästä löytyy mahdollisimman paljon aiempien projektien kautta kertyneitä nimikkeitä, joita pystytään hyödyntämään uudelleen. Lisäksi asiakas käyttää mahdollisimman paljon standardiosia eri projektien välillä, jolloin ERP-järjestelmästä saadaan suoraan valmiita rakenne- ja vaihemalleja tuotteelle ja sen osille. Tällöin säästyy aikaa, kun ei tarvitse avata jokaista materiaalinimikettä uuden projektin kohdalla eikä aina luoda rakenne- ja vaihemalleja alusta saakka.

Tavoitetilassa kaikki materiaali- sekä alihankintapalvelutarvetiedot syntyvät keskitetysti työnsuunnittelun tuloksena, myös pitkän toimitusajan materiaalien osalta. Kaikkien materiaalitarpeiden kommunikointi hankinnalle suoritetaan ainoastaan ERP-järjestelmän kautta, jolloin useammasta eri lähteestä tulevista hankintaimpulsseista ja siten hajanaisesta tiedosta päästään eroon. Työnsuunnittelijan ERP-järjestelmään syöttämät materiaali- ja alihankintapalvelutiedot ovat niin yksiselitteisiä, että hankintaorganisaatio pystyy niiden tietojen avulla tekemään tilaukset ilman lisäselvittelyä. Pitkän toimitusajan levy-materiaalien osalta ei tarvita enää nestauksen kautta tulevaa tarkkaa levymateriaalitarvetta, vaan työnsuunnittelija arvioi levymäärätarpeen historiatietojen perusteella, eli toisin sanoen lisää tietyn hukkaprocentin piirustusten edellyttämille levymateriaalimäärille. Tavoitetilassa työnsuunnittelu on täysin valmis, ennen kuin yhtäkään valmistusprosessin vaihetta aloitetaan. Työkortti ohjaa materiaalin tarkasti ja yksiselitteisesti läpi tuotantoprosessin. Jokaiselle työntekijälle on selvää jo työkortin perusteella, mitä millekin osalle tehdään ja miten, koska tehdään ja kuinka kauan tekeminen saa kestää, sekä minne osa toimitetaan seuraavaksi. Tavoitetilassa myös useampi kuin yksi työnsuunnittelija pystyy tekemään työnsuunnittelun tehokkaasti.

Kuten edellä kuvattiin, niin tavoitetilassa hankintaorganisaation toiminta helpottuu, kun kaikki materiaali- ja alihankintapalvelutarpeet tulevat pelkästään ERP-järjestelmän

kautta. Tällöin hankintaorganisaatio pystyy tekemään ostotilaukset välittömästi hankintaimpulssien ilmaannuttua ERP-järjestelmään, jotta saadaan lyhennettyä tuotannon läpimenoaikaa. Käytännössä jokainen päivä, jonka ostoimpulssit odottavat jatkokäsittelyä, siirtää myös tuotteen valmistuksen aloitusta vastaavasti. Tavoitetilassa ostaja myös päivittää ERP-järjestelmän ostotilausten statusta välittömästi kun siihen on aihetta, jotta ERP-järjestelmästä saatava tieto on aina ajan tasalla. Lisäksi ostotilaukset kohdistuvat poikkeuksetta oikeille projekteille.

Tavoitetilassa hankinnalla on useampia vaihtoehtoisia hankintakanavia eri materiaaleille. Lisäksi eri materiaalitoimittajien materiaalihinnat on saatu painettua neuvotteluiden avulla nykyistä tasoa alemmas. On hyvin epätodennäköistä, että hankinta onnistuisi löytämään sellaista materiaalitoimittajaa, joka suostuisi pitämään suuria määriä kalliita erikoismateriaaleja varastossaan odottamassa kotiinkutsua, mutta tällainen tilanne olisi kuitenkin kohdeyrityksen kannalta ideaalisin. Tämän vuoksi tavoitetilassa olisi ainakin yksi sellainen materiaalitoimittaja, joka pitäisi Suomessa pientä materiaalivarastoa erikoismateriaaleista, jotka kohdeyritys saisi kotiinkutsulla nopeasti tehtänsä. Jotta toimittajan varastointikustannukset ja riski pysyisivät pienenä, kyseeseen tulisi todellakin vain sellainen määrä materiaalia, jonka avulla kohdeyritys pystyisi aloittamaan aikataulullisesti kriittisimpien osakokonaisuuksien valmistuksen nopeasti. Tällöin toimittaja voisi tilata loppumateriaalin muualta Euroopasta eikä projektien aikataulu kuitenkaan vaarantuisi. Tällaisen lähestymistavan avulla saataisiin nykyistä tuotannon läpimenoaikaa pienennettyä eniten, jos ensimmäisiä materiaaleja ei tarvitse odottaa saapuvaksi kolmea viikkoa Euroopasta, vaan ensimmäiset materiaalit saataisiin työn alle esimerkiksi jo viikon sisällä tilauksista. Hankalaksi materiaalivarastoinnin tekee ylipäänsä kuitenkin eri tuotevariaatioiden menekin ennustettavuuden vaikeus. Tämän vuoksi tavoitetilassa asiakas toimittaisi kohdeyritykselle luotettavaa tietoa eri tuotevariaatioiden menekkiarvioista, jotta materiaalitoimittajille osattaisiin antaa arviota tarvittavista materiaalitarpeista lähitulevaisuudessa.

Tavoitetilassa niin esikäsittelyn, pienosavalmistuksen, kuin kokoonpanojen hukka on minimoitu. Turhat siirrot ja kappaleiden pyörittelyt sekä työntekijöiden turhat liikkeet ja odotukseen käytettävä aika on minimoitu. Ylituotantoa ei tehdä eikä yliprosessoida tuotteita. Lisäksi laatuvirheet on minimoitu. Työpisteiden siisteys ja järjestys on nostettu aiwan uudelle tasolle. Työkaluille, materiaaleille ja varsinaisille valmistuspisteille on omat merkatut ja vakioidut paikkansa ja työpisteiden järjestyksestä ja siisteydestä pidetään jatkuvaa huolta. Tavoitetilassa myös työntekijöiden osaamistaso on korkeampi sekä ennen kaikkea tasaisempi. Tarvittava työntekijämäärä sekä osaaminen valmistusvaiheittain on optimoitu parhaan mahdollisen tuottavuuden kannalta.

Esikäsittelyn tavoitetilassa työsuunnittelu on täysin valmis, ennen kuin esikäsittelyn työt aloitetaan. Tavoitetilassa hyödynnetään mahdollisimman paljon aiempia levyleikkugeometrioita, jotta jokaista leikkuumallia ei tarvitse tehdä aina alusta saakka ja siten nes-

taukseen käytettävä aika pienenee. Tavoitetilassa asiakas käyttääkin huomattavasti nykyistä enemmän standardiosia eri tuotevariaatioiden välillä, jotta jo kerran tehtyjä leikkuumalleja voidaan hyödyntää uudelleen. Myös asiakkaan toimittamat valmistuspiirustukset ovat käytettävyydeltään aiempaa parempia nestauksen kannalta. Tällöin kappalegeometrioiden muokkaustarve nestauksessa vähenee ja siten nestauksen läpimenoaika pienenee. On kuitenkin todettava, että käytettävyydeltään parempien valmistuspiirustusten saaminen on hyvin haastavaa.

Tavoitetilassa nestaus suoritetaan aina samojen periaatteiden mukaisesti riippumatta nestajaasta. Nestausratkaisulla tuetaan, helpotetaan ja edesautetaan muiden valmistusvaiheiden työtä parhaalla mahdollisella tavalla, jotta muiden valmistusvaiheiden läpimenoa saadaan tehostettua myös nestauksen kautta entisestään. Toisin sanoen hyödynnetään huomattavasti nykyistä enemmän erilaisia merkkauksia, jotka helpottavat muun muassa kokoonpanoja. Lisäksi kappaleiden pilkkominen pienemmiksi tehdään aina optimaalisimmalla mahdollisella tavalla siten, että materiaalikustannukset ja tarvittava työmäärä saadaan pidettyä minimissään.

Tavoitetilassa ei enää tehdä alihankinnassa leikattavien osien varsinaista nestauustyötä, vaan luodaan pelkät leikkumallit, jotka työnsuunnittelija toimittaa alihankintaan muiden tarvittavien tietojen yhteydessä. Tällöin nestauksen läpimenoaikaa saadaan jälleen pienennettyä. Alihankintaan ilmoitetaan osien massojen perusteella selvitetty kokonaislevytarve, johon on lisätty keskimääräinen historiatietoon perustuva hukka, jolloin alihankkija tietää kuinka monta arkkia leikkuiisiin on käytettävissä. Mikäli alihankkija ilmoittaa, että kyseinen määrä ei riitä nestauksen perusteella, niin silloin vaaditaan nähtäväksi alihankkijan nestit. Tällöin voidaan varmistua siitä, että nestaus on tehty järkevimmällä mahdollisella tavalla ja tarvittaessa voidaan pyytää alihankkijaa tekemään muutoksia nestaukseen. Keskimääräisen hukan perusteella saadaan myös selville, kuinka paljon syntyneestä hukasta pitäisi saada rahallista korvausta kierrätyksen kautta.

Tavoitetilassa alihankkija toimittaa leikatut osat lajiteltuna kohdeyrityksen tuotannon etenemisen kannalta järkevimmällä mahdollisella tavalla. Alihankkijalla on selkeä ohje siitä, miten osat tulee leikkuiden jälkeen lajitella ja millaisissa erissä ne toimitetaan kohdeyritykseen. Alihankkija tekee myös osien värikoodimerkkauksen osien lajittelun yhteydessä, jotta tätä ei tarvitse tehdä enää kohdeyrityksessä. Tavoitetilassa kohdeyrityksellä on sähköinen järjestelmä, johon dokumentoidaan leikattavien osien sulatusnumerot. Alihankkija toimittaa leikkaamiensa osien sulatusnumerot ja lisäksi kohdeyrityksen omalla laserilla leikattavien osien sulatusnumerot kirjataan suoraan tähän järjestelmään.

Tavoitetilassa putkilaserileikkuun jäljiltä ei tarvitse enää poistaa leikkuuroiskeita, vaan alihankkija huolehtii siitä, että putkiosat ovat roiskeettomia. Lisäksi tavoitetilassa asiakas toimittaa sellaiset putkistopiirustukset, joissa hitsausrailot on huomioitu jo valmiiksi put-

kiosien mitoituksessa. Tämä edellyttää syvempää yhteistyötä asiakkaan kanssa. Tavoitetilassa putkien taivutus on huomattavasti mittatarkempaa ja tasalaatuisempaa kuin nykyisin. Lisäksi taivutettujen putkien sahaus ja koneistus sujuu helpommin ja nopeammin.

Tavoitetilassa on aina yksiselitteisesti selvää, mitkä osat särmätään ja mitkä mankeloidaan. Lisäksi mankelointi onnistuu nykyistä mittatarkemmin sekä tasalaatuisemmin. Tavoitetilassa myöskään mankeloinnin tai mekanisoidun saumahitsauksen kapasiteetti ei muodostu ongelmaksi, vaan vaaditut osat saada aina tarpeen mukaan työn alle ilman odottelua. Lisäksi mekanisoidun saumahitsauksen määrää levyosille on lisätty mahdollisimman paljon, sillä se on tuottavampaa kuin saumojen manuaalinen käsin hitsaus.

Pienosavalmistuksen tavoitetilassa on selkeästi määritellyt pienosavalmistuksessa valmistettavat kokonaisuudet. Lisäksi kaikille pienosavalmistusvaiheille on selkeät valmistusohjeet, valmistusmenetelmät sekä niiden valmistukseen parhaiten soveltuvat työpisteet ja työvälineet.

Paksujen materiaalien hitsausviisteiden teko ja hitsausmenetelmä on optimoitu siten, että tuottavuus on maksimoitu ja siten läpimenoaika minimoitu. Hiiliteräsosien osalta on luotu selkeät ohjeistukset siitä, mitkä alueet jätetään maalaamatta loppuhitsausten vuoksi. Putkistovalmistuksen kokoonpanojigi on kehitetty täysin modulaariseksi, jotta samoja osia voidaan hyödyntää eri projektien välillä. Jigiä on myös itsessään jatkokehitetty, jotta tarvittaviin kohtiin päästään käsiksi entistä helpommin eikä putkistoa tarvitse enää kääntää nosturin avulla. Taivutetuista putkistoista saadaan tavoitetilassa yhtä mittatarkkoja kuin laserleikatuista putkistoista. Lisäksi tavoitetilassa taivutetut putkistot pystytään valmistamaan huomattavasti laserleikattuja edullisemmin. Tavoitetilassa kaikkien pienosien teräsvälikkeet reunat pyöristetään jo pienosavalmistusvaiheessa. Lisäksi sisä rakenteiden valmistuksessa käytetään modulaarista kokoonpanojigiä kokonaisuuksien mittatarkempaan valmistukseen.

Kokoonpanon tavoitetilassa on myös selkeästi määritellyt valmistettavat kokonaisuudet. Kaikille valmistusvaiheille on olemassa selkeät ja yksiselitteiset valmistusohjeet. Lisäksi valmistusmenetelmät ja -järjestykset, työpisteet sekä tarvittavat työ- ja apuvälineet on vakioitu. Kokoonpanoissa käytetään tätä tarkoitusta varten kehitettyjä nykyistä helppokäyttöisempiä apuvälineitä pitämään ohutseinämäiset rakenteet muodossaan kokoonpanojen aikana. Tällöin lähtökohta osien yhteen liittämiseen on nykyistä paremmalla tasolla. Hitsausseamoille tehtävät NDT-tarkastukset suoritetaan ennalta tehdyn suunnitelman mukaisesti ja tarkastukset aloitetaan heti valmistuksen alkuvaiheessa.

Tavoitetilassa materiaalivirrat ja layoutit on optimoitu ja vakioitu sujuvimman ja tehokaimman toiminnan kannalta. Materiaalin kuljettamiseen käytettävät kuljetuskerrat ja -matkat on minimoitu. Materiaalivirtaus on kuvattu tarkasti ja se on nähtävissä avoimesti. Saapuvalla materiaalilla on selkeästi merkatut vastaanottopisteet ja varastointipaikat.

Myös keskeneräiselle tuotannolle on määritetty yksiselitteiset varastointipaikat. Kesken-
eräisen tuotannon määrä on myös kuitenkin samalla minimoitu. Yksittäistuotannon luon-
teesta johtuen varastoinnista ei tavoitetilassakaan päästä kokonaan eroon, mutta varasto-
tasot ja varastointiajat on kuitenkin minimoitu. Kaikki varastointipaikat ovat kaikkien
niitä käyttävien henkilöiden tarkassa tiedossa. Työposteisiin tuotaville ja sieltä lähteville
materiaaleille on osoitettu omat merkatut paikkansa, joita käytetään oikein. Materiaalia
ei sijoiteta minnekään muualle kuin niille markatuille paikoille. Tavoitetilassa logistiik-
kaorganisaatiolle on jo materiaalien sijaintien perusteella selvää, mihin mikäkin materi-
aali seuraavaksi siirretään.

Tavoitetilassa valmistuksen layout on tarkkaan määritelty ja vakioitu niin pitkälle kuin
muuttuvat tuotekoot mahdollistavat. Layout ottaa parhaalla mahdollisella tavalla huomi-
oon myös materiaalivirtauksen jouhevuuden, jotta turhan monimutkaisilta ja turhan pit-
kiltä kuljetuksilta ja siirroilta vältytään. Lisäksi valmistuspisteiden keskinäinen sijainti
sekä sisäinen layout mahdollistaa mahdollisimman yksinkertaisen ja tehokkaan materiaa-
livirtauksen koko prosessin läpi.

Tavoitetilassa tuotteen valmistuksessa käytettävät teknologiat ja menetelmät on vakioitu
yksiselitteisesti. Käytettävä hitsausteknologia on ilmoitettu saumakohtaisella tasolla. Li-
säksi käytetään aina tuottavinta mahdollista hitsausteknologiaa. Tavoitetilassa on mah-
dollisuus valmistaa nykyistä suurempia vaippalohkoja suuremman mekanisoidun sauma-
hitsausaseman sekä mankelin johdosta. Tällöin tuote saadaan kasattua suuremmista osista
ja manuaalisen käsihitsauksen määrä vähenee. Tämä parantaa sekä tuottavuutta että laa-
tutasoa. Tavoitetilassa osien yhteen liittämiseen kokoonpanossa käytetään laitteistoja,
jotka mahdollistavat täysin manuaalisesti tehtävään liittämiseen verrattuna tehokkaam-
man ja tarkemman liittämisen. Lisäksi varsinaisten hitsausten suorittamiseen käytetään
myös kokoonpanoissa mahdollisimman paljon mekanisoitua hitsausta. Tavoitetilassa on-
kin investoitu joustavaan laitteistoon, joka tarjoaa mahdollisuuden hitsata tehokkaasti niin
kehä- kuin pitkittäissaumoja. Nämä laitteistot parantavat myös kokoonpanojen tuotta-
vuutta ja laatutasoa.

Tavoitetilassa tuotannon laadunvarmistus on järjestelmällistä ja tehokasta. Laadunvar-
mistukseen on luotu selkeä järjestelmä, jota noudattamalla tuotteen laatu täyttää sille ase-
tetut vaatimukset kerralla ilman korjaustarpeita. Tuotteen laadunvarmistusprosessi aloi-
tetaan heti projektin alusta alkaen ja sitä tehdään säännöllisesti ja tarkoin määritellyissä
kohdin. Laadunvarmistusta varten on luotu selkeä ohjeistus sekä yhtenäiset tarkastuspöy-
täkirjat, joiden läpikäymisestä sekä täyttämisestä vastaa nimetyt henkilöt. Tavoitetilassa
yksikään osa ei siirry seuraavaan työvaiheeseen, ennen kuin osa täyttää sille kyseisessä
työvaiheessa asetetut vaatimukset. Täten vältetään osien korjaaminen seuraavissa työvai-
heissa ja valmistetaan osia kerralla valmiiksi -periaatteella.

Tavoitetilassa on otettu normaaliksi käytännöksi myös hitsausten tarkka jäljitettävyy-
s, jota on ajoittain jo kokeiltukin. Tällöin jokainen hitsattu sauma voidaan yksiselitteisesti

kohdentaa hitsaajakohtaisesti merkitsemällä kunkin hitsisauman viereen jokaiselle hitsaajalle määritelty henkilökohtainen hitsaajatunnus. Laatuvaastaavan tai muun nimetyn henkilön tehtäväksi jää dokumentoida ja arkistoida tuotteeseen kirjatut hitsaajatunnukset. Jäljitettävyys parantaa jo itsessään laatutasoa, sillä kun hitsaajat tietävät, että hitsaaja saadaan selville jälkikäteen, niin omaan työjälkeen panostetaan entistä enemmän.

Tieto- ja dokumentaatiovirta kulkee tavoitetilassa mahdollisimman yksinkertaisia ja vakioituja reittejä pitkin, dokumentaatio on standardoitua ja tiedon siirtämiseen ja tallentamiseen käytetään ennalta sovittuja menetelmiä ja käytäntöjä. Käytettyjen ohjelmistojen määrä on minimoitu, jotta eri tietokantojen välisistä yhteensopivuusongelmista päästään eroon. Lisäksi jokaiselle organisaation jäsenelle on selkeästi määritelty omat vastualueet tieto- ja dokumentaatiovirrasta.

Tavoitetilassa ERP-järjestelmä on aina ajan tasalla, jotta eri osapuolet saavat sieltä luotettavaa ja ajantasaista tietoa. Tiedon päivittämisestä ERP-järjestelmään vastaavat henkilöt on nimetty. Työkorttien sisältämä tieto on luotettavaa ja työkorttien tietojen avulla pystytään ohjaamaan tuotantoa tehokkaasti. Tuotannosta saadaan myös virallisia ja dokumentoituja laatupalautteita aina kun siihen on aihetta.

Tavoitetilassa tuotantoprosessin suorituskyvystä saadaan myös luotettavaa ja vertailukelpoista tietoa. Käytettävät suorituskymittarit on vakioitu ja niiden muodostamiseksi vaadittava data on yksiselitteisesti määritelty. Tavoitetilassa suorituskymittareiden avulla pystytään löytämään yksityiskohtaisia kehityskohteita eri tuotantoprosessin vaiheista.

Tavoitetilassa tuotantoprosessin läpimenoaika on pienentynyt keskimäärin n. 60 työpäivään, joten laskua on n. 30 % nykytilan 89 työpäivästä. Työnsuunnittelun ja hankinnan läpimenoaika on pudonnut keskimäärin 10 työpäivään, joka vastaa n. 40 % vähennystä nykytilasta. Valmistuksen läpimenoaika on saatu pienennettyä n. 50 työpäivään, jolloin nykytilasta on tultu n. 30 % alaspäin. Pelkän läpimenoajan parantaminen ei kuitenkaan vielä riitä kannattavuuden parantamiseksi, sillä läpimenoa pystyttäisiin nopeuttamaan nykyisestä tasosta helpostikin vain lisäämällä työvuoroja tai tekemällä ylitöitä. Tämä ei kuitenkaan ole kustannusnäkökulmasta järkevää, jolloin myös työn tuottavuuden kehittäminen on huomioitava. Täten tavoitetilassa keskimääräinen valmistuksen tuottavuus on saatu tasolle 13,5 kg/tunti (skaalattu arvo), mikä tarkoittaa 50 % parannusta nykyiseen tuottavuuteen. Tavoite vaikuttaa kovalta, mutta se pitäisi olla täysin mahdollista saavuttaa. Liitteeseen A on koottu yhteenvedona taulukkomuotoon eri osa-alueiden tavoitetilat sekä myös aiemmissa luvuissa kuvatut niitä vastaavat nykytilat.

6. KEHITYSTYÖ

Tässä luvussa käsitellään kohdeyrityksen tuotannon kehittämistä Lean Manufacturing -periaatteella. Lean Manufacturing valittiin tuotannon kehittämisen lähestymistavaksi, koska kohdeyrityksessä on käynnissä mittava Lean-kehitysprojekti. Tämä vuoksi nähtiinärkevimmäksi, ettei lähdetä lähestymään kehittämistä muista näkökulmista, jotta kohdeyrityksen koko tuotannossa vallitsee samat kehittämisperiaatteet. Luvussa 6.1 käsitellään kehitysstrategiaa, joka kohdeyritykselle luotiin. Tämän jälkeen luvussa 6.2 käsitellään kehitysstrategian toimeenpanon aloittamista sekä esille tulleita kehitysehdotuksia.

6.1 Kehitysstrategian luominen

Edellisessä luvussa määritellyn tavoitetilan saavuttamiseksi, kohdeyritykselle luotiin kehitysstrategia perustuen Leanin mukaiseen kehittämisprosessiin, jota noudattamalla toimintaa pystytään kehittämään haluttuun suuntaan. Kehitysstrategian ensimmäinen askel on standardoida nykyiset parhaat käytännöt, jolloin saadaan luotua selkeä lähtötilanne kehittämislle. Kun lähtötaso on vakioitu ja saatu luotettavaa ja vertailukelpoista dataa lähtötilanteen prosessin suorituskyvystä, nähdään myös myöhempien kehittämistoimenpiteiden vaikutukset tuotantoprosessiin. Parhaat nykyiset käytännöt voidaan helpoiten määritellä tekemällä yhteistyötä läpi koko organisaation mm. niin projektijohdon, tuotannonjohdon kuin tuotannon työntekijöiden kanssa. Tällöin voidaan yhdessä keskustelemalla löytää nykyisestä tuotantoprosessista parhaat tavat toimia, jotka täten otetaan lähtökohdaksi toimintatapojen standardointia varten.

Toinen askel on arvon määrittäminen. On selvitettävä asiakkaan todelliset tarpeet, eli mitä asiakas todella haluaa tuotteidensa valmistukselta tai ylipäättään minkälaisia ratkaisuja asiakas kaipaa ongelmiinsa. Toisin sanoen, mikä on kohdeyrityksen palvelujen tuoma lisäarvo asiakkaalle. Tätä voidaan lähteä selvittämään hankkimalla ensin mahdollisimman paljon tietoa asiakkaasta ja asiakkaan toimintaympäristöstä. Tiedon analysointi mahdollistaa niiden osa-alueiden tunnistamisen, joiden uskotaan kiinnostavan ja hyödyttävän asiakasta eniten. Täten voidaan analysoida omaa toimintaa ja miettiä, miten pystyttäisiin toimittamaan eniten arvoa asiakkaalle. Erityisen tärkeää on myös aktiivinen keskustelu asiakkaan kanssa, mikä tarjoaa arvokasta lisätietoa todellisista toiveista ja tarpeista.

Kohdeyrityksen kilpailukyvyn kannalta on mietittävä myös muita asioita kuin toimitusvarmuutta, laatua ja kustannuksia. Edullisempien työvoimakustannusten maat pystyvät yhtäläillä valmistamaan vastaavia tuotteita ja vieläpä edullisemmin. Tällöin on mietittävä, mitä lisäarvoa valmistaminen Suomessa ja kohdeyrityksessä mahdollisesti voisi tuoda asiakkaalle. Yhtenä vaihtoehtona on laajentaa omaa palveluaan kattamaan laajempaa kokonaisuutta. Voidaan esimerkiksi tehdä tiiviimpää yhteistyötä asiakkaan kanssa myös

muissa vaiheissa kuin itse tuotteen valmistuksen aikana. Tällöin kyseeseen tulevat esimerkiksi tuotteen valmistettavuuteen liittyvien asioiden kehittäminen yhdessä asiakkaan kanssa sekä esimerkiksi tuotteen asennuspalvelut valmistuksen jälkeen. Tämä tarkoittaisi laajemman palvelukonseptin luomista, jolloin asiakas saisi yhdeltä alihankkijalta kokonaisvaltaisempaa palvelua, mikä toimisi kilpailuvalttina muihin alihankkijoihin nähden. Eräs lisäarvoa tuova vaihtoehto olisi tarjota kilpailijoita nopeampaa palvelukykyä, jolloin pystyttäisiin esimerkiksi valmistamaan tuote muita nopeammalla aikataululla sekä reagoimaan muutoksiin ketterämmin. Keskeistä on kuitenkin, että lopulta tarjotaan asiakkaalle juurikin sellaista palvelua, mitä asiakas todella tarvitsee. Kun tämä, tässä tapauksessa valmistuspalvelusta ja siihen mahdollisesti liittyvistä muista osa-alueista syntyvä arvo on määritetty, voidaan lähteä määrittämään, mitä kyseisen arvon luominen tarkoittaa lopulta kohdeyrityksen tuotantoprosessin kannalta.

Kolmannessa askeleessa tunnistetaan kohdeyrityksen arvoketju, eli kaikki ne toimenpiteet, jotka vaaditaan asiakkaan tilauksen toteuttamiseksi eli arvon toimittamiseksi. Tässä käytetään apuna arvovirtakuvausta, joka tehdään sekä nykytilasta, että tavoitetilasta. Arvoketju on purettava mahdollisimman pieniin osiin, joita voidaan tarkastella itsenäisinä kokonaisuuksina. Tunnistetut toimenpiteet jaetaan tämän jälkeen kolmeen eri kategoriaan. Ensimmäiseen kategoriaan sijoitetaan ne toimenpiteet, jotka todella luovat arvoa asiakkaalle. Näitä ovat esimerkiksi kaikki ne valmistusvaiheet, jotka muokkaavat raaka-ainetta kohti valmista tuotetta. Esimerkiksi yhdistettäessä tuotteen eri osia toisiinsa hitsaamalla, on se vaihe, kun valokaari palaa ja tuotteeseen syntyy vaatimukset täyttävää hitsiä, arvoa luovaa. Toiseen kategoriaan sijoitetaan ne toimenpiteet, jotka eivät luo arvoa asiakkaalle, mutta joita ainakin nykyisessä tilanteessa tarvitaan tuotteen valmistamiseksi. Tästä on hyvänä esimerkkinä esikäsitteltyjen osien siirto trukilla esikäsittelyhallista kokoonpanohalliin. Kolmanteen kategoriaan sijoitetaan ne toimenpiteet, jotka eivät luo arvoa asiakkaalle. Nykyisessä tilanteessa esimerkiksi kokoonpantavien kokonaisuuksien lukuisat täysin turhat nostot ja pyörittelyt eri asentoihin kokoonpanojen aikana ovat arvoa lisäämättömiä vaiheita.

Kun kaikki arvoketjun vaiheet on tunnistettu ja kategorisoitu, aloitetaan arvoa lisäämättömien toimenpiteiden poistaminen. Tämän jälkeen voidaan aloittaa arvoa lisäämättömien, mutta kyseisellä hetkellä välttämättömien toimenpiteiden poistaminen. Hukan poistamiseksi ensimmäisenä otetaan käyttöön 5S-menetelmä. Kokemukset ja havainnot kohdeyrityksen nykyisestä tuotantoprosessista antavat aiheen olettaa, että 5S-menetelmän käyttöönotolla voitaisiin saavuttaa merkittäviä positiivisia tuloksia, sillä siisteyden ja järjestyksen puute, on yksi merkittävimmistä ongelmista nykyisessä tuotantoprosessissa. Positiivisten tulosten aikaansaaminen kuitenkin edellyttää, että 5S-toimintaan todella panostetaan sen vaatimalla tavalla. 5S-toiminnan ohessa käynnistettäisiin TPM-ohjelma, jotta myös koneiden ja laitteiden hukkaa saataisiin poistettua. Kohdeyrityksessä TPM koskettaisi eniten esikäsittelyä, jossa sijaitsee suurin osa käytettävistä merkittävistä koneista ja laitteista. Kokoonpanoissa taas merkittävin kohderyhmä TPM:lle olisi kaikki

käytettävät hitsauskoneet, joiden toimintavarmuudessa on ollut ajoittain merkittäviäkin haasteita.

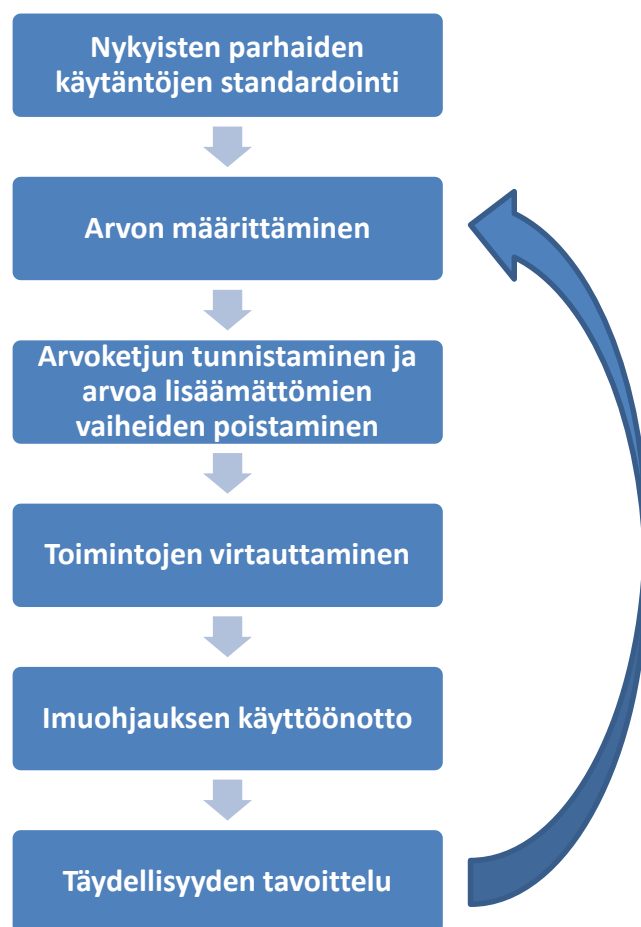
Neljännessä askeleessa arvoa luovat vaiheet organisoidaan siten, että tuote virtaa tuotantoprosessin läpi mahdollisimman nopeasti ja vähin panoksin. Tätä ennen kuitenkin 5S- ja TPM-toiminta on pitänyt juurruttaa organisaation päivittäiseen toimintaan kunnolla. Virtauksen kannalta varastoinnista ja odottamisesta on pyrittävä pääsemään eroon ja tuote olisi pyrittävä valmistamaan keskeytyksettä raaka-aineista valmiiksi tuotteeksi. Tämä on kuitenkin erityisen haastavaa kohdeyrityksen kaltaisessa yksittäistuotannossa, jossa valmistetaan yksittäiskappaleita ja useita toisistaan poikkeavia tuotteita samanaikaisesti. Tällöin kaikkien toimintojen yhteensovittaminen on hyvin hankalaa. Lähestyttäessä asiaa realistisesti, on erittäin todennäköistä, että täysin varastottomaan ja odotuksettomaan tuotantoon ei tulla koskaan pääsemään kohdeyrityksessä, mutta varastoinnin ja odottamisen määrää voidaan kuitenkin vähentää merkittävästi nykyisestä tasosta.

Joustavien tuotantosolujen muodostaminen, joissa voidaan valmistaa monipuolisesti tuotteen eri variantteja alusta loppuun, mahdollistaa katkottomamman tuotannon ja siten paremman virtauksen. Täten alettaisiin suunnitella sopivinta solutuotantojärjestelyä kohde- tuoteryhmän tuotteiden valmistuksen osalta. Selvää on, että tuoteryhmän koko valmistusprosessia ei saada fyysisesti samassa solussa tapahtuvaksi, sillä esikäsittelyn koneita ja laitteita ei voida siirtää kokoonpanojen yhteyteen tai toisinpäin, johtuen ensinnäkin siitä, että esikäsittelyn koneet palvelevat useaa eri tuoteryhmää. Ei myöskään ole realistista ajatella, että jokaiselle tuoteryhmälle hankittaisiin omat esikäsittelykoneet jo pelkästään laitteiden hinnan sekä niiden vaatiman tilan vuoksi. Tämän vuoksi solutuotantomainen toimintatapa keskittyisi tuoteryhmän kokoonpanovaiheisiin. Kaikki kokoonpanovaiheet pyritäisiin tällöin tekemään samalla alueella siten, että eri työvaiheet seuraavat toisiaan loogisessa järjestyksessä sekä työvaiheiden kestot olisivat mahdollisimman yhtäläisiä, jotta saavutetaan työn sujuvin mahdollinen virtaus. Virtauksen parantamiseksi edelleen, otettaisiin käyttöön erilaisia yksinkertaisia visuaalisia järjestelmiä tuotannon ohjaamiseksi. Eritoten visuaaliset työohjeet ovat korkealla prioriteettilistalla, jotta työvaiheiden toteuttaminen ja eteneminen olisivat kaikille selvää ja yksiselitteistä.

Viidennessä askeleessa aletaan hyödyntää imuohjausta tuotteen valmistuksen ohjauksessa. Tällöin materiaalia ei jalosteta ja toimiteta eteenpäin, ennen kuin prosessin seuraava vaihe sitä pyytää. Tätä kautta saadaan parannettua prosessin virtausta entisestään sekä vähennettyä varastointitarvetta. Haasteeksi kohdeyrityksessä muodostuu jälleen yksittäistuotanto, joka vaikeuttaa täysin imuohjaukseen perustuvaan toimintaan siirtymistä. Etenkin esikäsittelyn koneiden palvellessa kaikkia projekteja, ei voida taata, että ei tulisi päällekkäisiä tarpeita eri koneiden kapasiteetille. Tällöin on luotava väkisinkin pieniä puskurivarastoja ainakin esikäsittelyn ja kokoonpanojen välille, jotta tuotantoprosessin virtausta ei vaaranneta. Imuohjauksen toteuttamisessa alettaisiin hyödyntää Kanban-menetelmää soveltuvien osien. Etenkin standardiosien kohdalla Kanban-menetelmä saataisiin

varmasti toimimaan hyvin, mutta tilauksen perusteella valmistettavien osien kohdalla tilanne on haastavampi. Tällöin pitäisi tarkkaan suunnitella, miten ja missä vaiheessa tuotantoprosessia osatarve kommunikoidaan aiemmalle vaiheelle, jotta osa ehditään myös valmistaa ennen kuin sitä jo tarvitaan seuraavassa vaiheessa.

Kuudennessa askeleessa aloitetaan täydellisyyden tavoittelu, eli toistetaan edellisiä askeleita yhä uudelleen. Tätä kautta voidaan löytää aina uusia kehityskohteita ja mahdollistetaan prosessien jatkuva kehittyminen. Lisäksi käyttöön otetaan säännölliset Kaizen-työpajat nopeiden kehitystoimenpiteiden tekemiseksi prosesseihin. Seuraavassa kuvassa on vielä kuvattu yhteenvetona eri kehitysaskleet.



Kuva 2. Tuotantoprosessin kehitysaskleet.

6.2 Kehitysstrategian toimeenpanon aloittaminen ja kehittämisehdotukset

Edellisessä luvussa kuvatun kehitysstrategian toimeenpanon aloittamisen helpottamiseksi, on tähän lukuun koottu ensimmäiseen kehitysvaiheeseen eli nykyisten parhaiden käytäntöjen standardointiin liittyviä asioita yksityiskohtaisemmin. Lisäksi samalla tuodaan esiin kehittämisehdotuksia, jotka kannattaa huomioida jo standardointivaiheessa.

Kuten aiemmin mainittu, niin luotettavan ja vertailukelpoisen datan saaminen on keskeistä tuotantoprosessin pitkäjänteisen kehittämisen kannalta. Täten ensimmäinen askel on standardoida tuotteen työkorttirakenne, jotta voidaan verrata eri projektien välistä suorituskykyä. Lisäksi ehdoton edellytys on, että työtuntileimaukset tehdään oikein, jotta saadaan luotettavaa dataa ERP-järjestelmästä. Tämä edellyttää leimausten oikeellisuuden tärkeystä tiedottamista, ohjeistuksen kehittämistä ja valvonnan lisäämistä. Työtuntidatan perusteella voidaan luoda erilaisia mittareita, joiden avulla voidaan seurata esimerkiksi tuotteen tai sen osien valmistukseen käytettyjen tuntimäärien kehittymistä.

Työkorttirakenteesta ei kannata tehdä alkuun liian monimutkaista, jotta tuotannossa olevien työkorttien määrä ei kasva liian suureksi. Täten jokaisesta piirustuksesta tehtävä oma työkortti on poissuljettu vaihtoehto. Suuri työkorttimäärä aiheuttaa helposti turhautumista työntekijöissä, mikäli valmistus on jaettu niin monelle työkortille, että työkorttia joutuu vaihtamaan useasti päivässä. Tällöin on viisaampaa aloittaa pienemmällä työkorttimäärällä, jotta ensin saadaan leimaukset kuntoon ja siten myöhemmin voidaan lisätä työkorttien määrä, mikäli halutaan tarkempaa dataa tuotteen yksittäisten osien valmistukseen käytettävistä tunneista.

Alussa järkevin määrä työkortteja olisi kahdeksan kappaletta. Tällöin saataisiin riittävän tarkkaa tietoa näin alkuvaiheessa eikä valmistuksessa kuitenkaan olisi liikaa dokumentteja pyörimässä. Työkorttijako tehtäisiin sellaisten osakokonaisuuksien mukaisesti, joiden rajapinnat ovat valmiiksi selkeitä. Tarvittavat työkortit olisivat tällöin tuotteen alaosa, yläosa, putkistot, sisäiset levyrakenteet ja miesluukut, ulkoiset tuki- ja nostorakenteet, loppukokoonpano, testaukset ja tarkastukset sekä pakkaus. Näiden työkorttien alle kuuluisivat tällöin kaikki kuhunkin kokonaisuuteen liittyvät erikseen määritellyt piirustukset. Taulukossa 2 on yhteenvetona ehdotus uudesta yhtenäistetyistä työkorttijaosta.

Taulukko 2. *Uusi työkorttijakoehdotus työnsuunnittelua varten.*

Työkortin nimi	
1.	Alaosa
2.	Yläosa
3.	Putkistot
4.	Sisäiset levyrakenteet ja miesluukut
5.	Ulkoiset tuki- ja nostorakenteet
6.	Loppukokoonpano
7.	Testaukset ja tarkastukset
8.	Pakkaus

Koko työnsuunnitteluprosessin standardoimiseksi, luotaisiin yksityiskohtainen ohjeistus työnsuunnittelun avuksi siitä, miten tuotteen työnsuunnittelu tehdään ja mitä asioita pitää ottaa huomioon. Tätä ohjeistusta noudattamalla, pystyisi myös työnsuunnittelija, jolle tuote on vieraampi, toteuttamaan työnsuunnittelun aiempaa tehokkaammin. Pitkällä aikavälillä paras vaihtoehto kuitenkin olisi, että tuotteen työnsuunnittelusta vastaisi aina samat henkilöt mahdollisuuksien mukaan. Tällöin vähennettäisiin virhemahdollisuuksien riskiä ja työnsuunnitteluprosessi saataisiin pidettyä hyvinkin tehokkaana, kun työnsuunnittelijan ei tarvitsisi tutustua ensin tuotteeseen.

Työnsuunnittelun ohjeistuksen kannalta keskeinen asia olisi määrittää tuotteen jokaiselle osalle kaikki sen tarvitsemat työvaiheet oikeassa järjestyksessä valmistusprosessin aikana. Tämä tarkoittaisi samalla jo myös valmistustyön standardointia, kun työvaiheet ja niiden järjestykset vakiinnutettaisiin. Tämä voitaisiin toteuttaa käymällä läpi tuotteen valmistuspiirustukset ja merkitsemällä suoraan piirustuksiin osien työvaiheet siinä järjestyksessä kuin niitä tarvitaan. Näitä mallipiirustuksia voitaisiin tällöin tarvittaessa käyttää uusien projektien työnsuunnittelun apuna tehtäessä vaiheistuksia eri osille, sillä vaikka valmistettavan tuotteen koko vaihtelee, valmistetaan osat kuitenkin lähes aina samalla menetelmällä. Lisäksi kun osalle merkittäisiin kaikki vaaditut työvaiheet oikeassa järjestyksessä, lisättäisiin nämä tiedot myös työkorttiin jokaisen osarivin perään. Tällöin tuotannossakin olisi selvää, mikä työvaihe osalla on seuraavana vuorossa, jolloin se osattaisiin toimittaa suoraan oikeaan paikkaan ja vältettäisiin turhat kuljetukset ja siirrot. Työnsuunnittelun ohjeistuksessa olisi painotettava myös erityistä huolellisuutta materiaalinimikkeiden ja niiden lukumäärän kirjaamisessa järjestelmään, jotta välttyttäisiin virheellisiltä materiaalilauksilta. Materiaalinimike ja sen materiaalilaatu, koko/mitat, tarvemäärä sekä tarvepäivä on aina kirjattava oikein järjestelmään.

Pitkän toimitusajan materiaalien tarvemäärän selvittäminen siirrettäisiin kuuluvaksi työnsuunnittelijalle projektipäällikön sijaan. Tällöin saataisiin yhtenäistettyä käytännöt kohdeyrityksen kaikkien tuotteiden osalta ja siten edesautettaisiin myös materiaalinhankintaprosessin standardointia. Tämä helpottaisi myös ostajaa, jolle tulisi tällöin ostoimpulsseja vain yhdestä lähteestä eli työnsuunnittelusta. Koska tarve on saada pitkän toimitusajan

materiaalitulaukset nopeasti liikkeelle, olisi näiden materiaalien tarve myös saatava nopeasti selville jotakin kautta. Tähän paras ratkaisu nykyisellään olisi verrata valmistuspiirustuksia tarjouskuviin ja mikäli muutoksia ei ole tapahtunut, voitaisiin materiaalit tilata suoraan tarjouslaskennan perusteella. Tarjouslaskentadokumenttiin on tarjousvaiheessa listattu eri materiaalitardeet. Mikäli piirustukset ovat muuttuneet, ei jää muuta vaihtoehtoa, kuin ottaa muutosten vaikutukset huomioon ja listata todelliset materiaalitardeet sekä toimittaa listaus hankintaan.

Mikäli tarjouslaskentadokumentaatiosta ei jostain syystä käy yksiselitteisesti selville tarvittavat materiaalmäärät, voitaisiin tarvittaessa käyttää historiatietoihin perustuvia materiaalitardeita vastaavista tuotteista apuna, mikäli tietoa on saatavilla. Tämä koskee etenkin levymäärätarpeen selvittämistä. Edellä mainittuja menetelmiä voitaisiin käyttää siihen saakka, kunnes oltaisiin siinä tilanteessa, että työnsuunnittelu pystytään aloittamaan seuraavana päivänä sen jälkeen, kun asiakas on toimittanut valmistuspiirustukset. Tällöin materiaalitardeet saataisiin suoraan ERP-järjestelmästä, jolloin materiaalitardeiden kommunikointi esimerkiksi sähköpostein saataisiin eliminoidua kokonaan. Tilattaessa materiaaleja ohi ERP-järjestelmän, on tuotteen valmistusrakenteen luonnin yhteydessä muistettava, että jo aiemmin tilatuille materiaaleille ei jätetä ERP-järjestelmään uutta ostoimpulssia.

Valmiiden työkorttien jakelun standardoimiseksi, työnsuunnittelija toimittaisi jatkossa työkortit ja valmistuspiirustukset tuotteen valmistusalueen työnjohtajalle. Työnjohtaja toimittaisi tämän jälkeen työkortit ja piirustukset kullekin työpisteelle ja kävisi läpi työpisteen työntekijöiden kanssa työkortit ja piirustukset, mikäli niissä on jotain normaalista poikkeavaa.

Kun kaikki hankintatarpeet tulisivat ainoastaan työnsuunnittelun kautta, kuten edellä kuvattiin, selkeyttäisi se ostajan työtä. Työnsuunnittelijan ja ostajan tiivis yhteistyö ja kommunikointi muodostuisivat tällöin entistäkin tärkeämmäksi. Ostajan olisi jatkossa huolehdittava, että ERP-järjestelmä on aina ajan tasalla kunkin ostotilauksen statuksen osalta. Ostajan kuuluisi merkata järjestelmään se päivämäärä, kun tilaus on lähetetty sekä toimittajan tilausvahvistuspäivämäärä. Tilausvahvistuksen yhteydessä ostaja merkitsisi myös luvatus toimituspäivämäärän. Tällöin tiedosta kiinnostuneet henkilöt näkisivät luvatus toimituspäivän suoraan ERP-järjestelmästä ja välttyään aikaa vieviltä kyselyiltä.

Hankintaorganisaatiolle otettaisiin jo standardointivaiheessa uutena käytäntönä käyttöön ostajan suorittama projektikohtaisten materiaalien materiaalitodistusten tallentaminen suoraan kunkin projektin projektikansioon. Tällöin materiaalitodistukset olisivat kerralla oikeassa paikassa, eikä niiden etsimiseen tarvitsisi käyttää turhaa aikaa myöhemmin.

Tuotteen osien pysyessä melko muuttumattomana projektien välillä, lukuun ottamatta koon vaihtelua, aloitettaisiin aiempien projektien leikkuugeometrioiden hyödyntäminen, jotta joka kerta ei tehtäisi leikkuugeometrioita alusta saakka uudelleen. Täten saataisiin

heti nopeutettua nestauksen läpimenoaikaa ja vähennettyä turhaa työtä. Valmiit leikkuugeometriat siirrettäisiin jatkossa omaan hakemistoon, johon luotaisiin alihakemistoja eri osille ja niiden erikokoisille leikkuugeometrioille. Tärkeää olisi merkata leikkuugeometrian tiedostonimeen myös käytetty piirustuksen revisio. Tällöin, mikäli vastaavaa osaa on käytetty aiemmin, saataisiin leikkuugeometria suoraan hakemistosta. Leikkuugeometriaan pitäisi tällöin muokata vain oikea piirustus- ja osanumero merkkausta varten kulloisenkin piirustuksen mukaisesti. Uusien projektien myötä tämä ns. osakirjasto kasvaisi jatkuvasti. Jotkin tuotteen osat ovat jo nykyisellään asiakkaan standardoimia, eli samaa osaa käytetään eri projektien välillä koon muuttumatta, jolloin piirustus- ja osanumerotkin pysyvät aina samana. Käytettäessä aiempien projektien leikkuugeometrioita, olisi mitoitus kuitenkin aina muistettava tarkastaa erikseen varmuuden vuoksi, ottamalla muutama tarkistusmitta, sillä pienetkin asiakkaan tekemät muutokset ja tuoteparannukset suunnittelussa vaikuttavat myös leikkuugeometrioihin. Standardiosien kohdalla mahdolliset muutokset nähdään helposti piirustuksen revisioidinnin perusteella.

Asiakkaan toimittamien leikkuugeometrioiden käytettävyyteen ei pystytä ainakaan välittömästi kovin paljon vaikuttamaan, sillä asiakas ei konvertointien jälkeen käytä aikaa leikkuugeometrioiden siistimiseen eikä asiakkaalla välttämättä edes ole tietoa siitä, millaisia leikkuugeometrioiden pitäisi todellisuudessa olla. Asiakasyhteistyön syventyessä, voitaisiin toki keskustella siitä, että onko asiakkaalla resursseja tai ratkaisuja käytettävyydeltään parempien leikkuugeometrioiden luomiseksi. Perinteisesti kohdeyrityksessäkin on kuitenkin totuttu, että yleensä asiakkaiden toimittamat leikkuugeometriat ovat käytettävyydeltään heikolla tasolla ja muokkauksia joudutaan tekemään paljon. Ongelmien kommunikointi asiakkaan suuntaan on kuitenkin ratkaisevassa asemassa, jotta ongelmia ylipäätään saataisiin ratkottua.

Sellaisten suurikokoisten osien, jotka eivät mahdu kokonaisena yhdelle levyarkille, pilkkomisperusteena käytettäisiin jatkossa seuraavaa prioriteettijärjestystä.

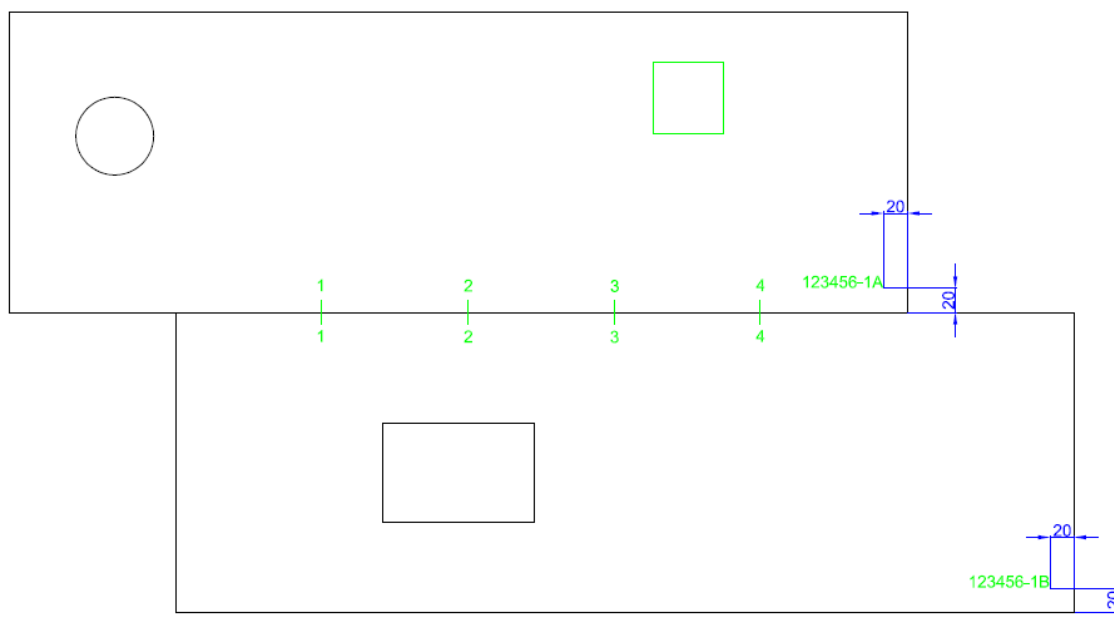
1. Pilkkomisen aiheuttaman manuaalihitsausmäärän minimointi.
2. Mekanisoidun hitsauksen määrän minimointi.
3. Materiaalinkäyttöasteen maksimointi.

Edellä olevan perusteella toisin sanoen hitsimäärä pyrittäisiin aina minimoimaan ja vasta tämän jälkeen huomioidaan materiaalinkäyttö. Tämä ei kuitenkaan tarkoita sitä, että, materiaalinkäyttöasteella ei olisi suurta merkitystä vaan päinvastoin, koska kyseessä ovat huomattavan arvokkaat materiaalit, niin materiaalinkäyttöastekin on pidettävä korkealla. Toisaalta taas ei ole kannattavaa pilkkoa suurta osaa hyvin pieniksi osiksi, jotta materiaaltarve olisi minimissään, mutta taas vastaavasti hitsausmäärä ja siten työmäärä moninkertaistuisi. Prioriteettijärjestyksen avulla saataisiin suurten kappaleiden pilkkomisperiaatteet yhtenäistettyä. Toki aina tulee vastaan erikoistapauksia, joihin ei pysty ennalta varautumaan ja joihin tämä prioriteettijärjestys ei välttämättä sovi parhaalla mahdollisella tavalla. Tällöin on tärkeää, että kyseisen osan pilkkomisperiaatteesta keskustellaan projektihenkilöstön kanssa ja yhdessä sovitaan menettelytapa kyseisen osan kohdalla.

Osien tunnistettavuuden ja kokoonpanon sujuvuuden kannalta osien merkkaukset laserleikkuuvaiheessa ovat hyvinkin merkittävässä roolissa. Tämä vuoksi osien merkkaukset standardoitaisiin, jolloin merkkausten tiedettäisiin löytyvän aina tietystä kohtaa. Aiemmin merkkausten paikka on vaihdellut hieman nestäajasta riippuen. Jatkossa piirustus- ja osanumero merkattaisiin laserilla aina osan oikeaan alakulmaan n. 20 mm:n päähän reunoista. Tässä kohdin käytetään noin mittaa, koska on turha käyttää aikaa siihen, että merkkaukset on tasan 20 mm:n päässä reunoista. 2-3 mm:n toleranssi riittää tässä kohdin hyvin. Väliä reunoihin jätetään ilmoitetun verran, koska reunoihin tulee yleensä hitsiä tai reunan läheisyydessä voidaan hioa, jolloin merkintä ei jää niin helposti piiloon tai hioudu pois. Mikäli kyseessä on osa, jonka muoto poikkeaa suorakulmaisesta tai oikeassa alakulmassa on esimerkiksi reikä, niin merkkaukset tehdään rajoitteiden puitteissa edelleen niin lähelle oikeaa alakulmaa kuin mahdollista, kuitenkin siis vähintään n. 20 mm:n päähän reunoista.

Pyöreiden kappaleiden kohdalla merkkaukset tehtäisiin välittömästi kappaleen keskilinjan oikealla puolelle alareunaan. Kappaleen oikealla alakulmalla tarkoitetaan kappaleen kulmaa/reunaa, joka valmistuspiirustuksen osakuvassa on sen oikea kulma/reuna katsottaessa valmistuspiirustusta oikein päin. Täten myös valmistuksessa on tiedossa, mistä suunnasta kappaletta pitää katsoa, jotta osanumero löytyy helposti ja nopeasti. Merkkausten korkeutena käytettäisiin 10 mm:ä, joka on vakiintunut käytäntö. Tämän kokoinen merkkaukset on helppo erottaa, mutta koko ei ole vielä liian suurta. Kaikki vaippaosien pintaan kiinni hitsattavat osat merkattaisiin vaippapintaan osan ääriiviin. Tällöin kokoonpanossa välttyttäisiin osien paikoitukselta, kun osan paikka olisi jo merkattu suoraan vaippaan laserleikkuuvaiheessa. Kohdistusmerkkejä eri osien välille laitettaisiin jatkossa aina vähintään 4 kappaletta ja vastakkaiset kohdistusmerkit numeroidaan aina samalla numerolla, alkaen numerosta 1.

Kuvassa 3 on havainnollistettu merkkauksia kahden kuvitteellisen toisiinsa liitettävän levyosan avulla. Kyseessä on levykartta kahdesta lopulta pyöreäksi mankeloitavasta lohkosta. Kuvassa lohkot on esitetty levitettynä eli suorana levynä, jollaisena ne ovat laserleikkuun jäljiltä, ennen mankelointia. Alemmassa lohkossa on suorakulmainen reikä. Ylemmässä lohkossa taas on pyöreä reikä sekä vihreällä suorakulmainen merkintä, joka kertoo, että kyseiseen kohtaan hitsataan kokoonpanossa tietty vihreiden ääriviivojen kokoinen kappale. Alemman lohkon yläreunassa on numerot yhdestä neljään sekä jokaisen numeron yläpuolella viiva, joka ulottuu levyn reunaan asti. Ylemmässä lohkossa on vastaavat numerot ja viivat taas alareunassa. Viivojen ja numeroiden avulla, lohkot kohdistetaan toisiinsa kokoonpanossa, pyöreäksi mankeloinnin jälkeen. Tällöin tiedetään, että lohkojen asemointi toisiinsa nähden on oikea. Toisin sanoen esimerkiksi kaikki aukot osoittavat oikeaan suuntaan lopullisessa tuotteessa. Levyjen limittäisyys kuvassa johtuu taas siitä, että on huomioitu, etteivät ala- ja ylälohkon vertikaalisauamat, jotka kumpaankin lohkoon tulevat niiden mankeloinnin jälkeen, tule keskenään samaan linjaan lopullisessa tuotteessa.



Kuva 3. Laserleikkeiden merkkausperiaate. Merkkaukset vihreällä.

Alihankinnassa leikattavien osien nestauksesta luovuttaisiin välittömästi ja materiaalitarkemäärän arviointiin käytettäisiin aiemmin kuvattuja menetelmiä. Näiden osien nestäminen on täysin turhaa työtä, koska alihankkija joutuu tekemään nestauksen kuitenkin uudelleen omille koneilleen. Täten saataisiin kohdeyrityksen oman nestausprosessin läpimenoaika pienennettyä heti.

Alihankintaan lähetettävien leikkuugeometrioiden listausta ja keräilyä varten luotaisiin uusi ja yhtenäistetty Excel-pohja, johon listataan materiaaleittain leikkuugeometriatiedostojen nimet sekä leikattavat kappalemäärät. Listan täyttämistä huolehtisi jatkossa nestaaja, joka lähettäisi valmiin listauksen työnsuunnittelijalle. Nestaaja pystyisi täyttämään listausta työnsä ohessa, sitä mukaa kun leikkuugeometrioita valmistuu, jolloin listaus toimisi myös nestaajan omana aputyökaluna oman työn valmiusasteen seurannassa. Työnsuunnittelija tarkastaisi vielä listauksen oikeellisuuden, ennen listauksen ja leikkuugeometrioiden lähetystä ostajalle, joka lähettäisi ne alihankintaan. Tämä toimintapa olisi tarpeen ainakin alussa, jolloin uuden käytännön myötä virhemahdollisuudet kasvavat. Tarkastettavat asiat ovat materiaali, tiedostonimi ja kappalemäärä. Erityishuomio on kiinnitettävä sellaisten osien kappalemääriin, jotka on pilkottu useampaan identtiseen osaan, jolloin piirustuksen osaluettelon kappalemäärä ei pidä enää paikkansa. Tällaisesta toimii esimerkkinä laippa, joka on jaettu esimerkiksi kolmeen identtiseen osaan materiaalihukan minimoimiseksi. Tällöin yhteen laippaan menee kolme identtistä osaa ja piirustuksen osaluettelon ilmoittama kappalemäärä onkin kerrottava kolmella.

Alihankintaan lähetettävä osien lajitteluohje päivitetäisiin ja yhtenäistettäisiin, jotta sitä voitaisiin käyttää kaikissa projekteissa. Lajitteluohjeen perustana toimisi työnvaiheistus, joka kertoisi missä järjestyksessä mitäkin osaa tarvitaan valmistuksessa. Tällöin ensimmäisenä tarvittavien osien on oltava lavan päällimmäisenä. Lisäksi mikäli osa on pilkottu

pienempiin osiin, lajitellaan yhteen kuuluvat osat päällekkäin. Tällöin lavalta on helppo ottaa oikeassa järjestyksessä ne osat, jotka on tarkoitettu liitettäväksi toisiinsa. Alihankkijalta vaaditaan tarkkuutta ja huolellisuutta lajittelun suhteen, jotta alihankinnan jälkeiset työvaiheet saataisiin vietyä läpi mahdollisimman sujuvasti, eikä kohdeyrityksessä tarvitsisi enää tehdä lajittelua lainkaan. Osien värikoodimerkkaus siirrettäisiin myös jo välittömästi alihankkijan vastuulle. Alihankkijalle toimitettaisiin ohje, jossa on selkeästi kerrottu, millä värillä ja miten kukin eri materiaalia oleva osa merkataan. Merkkauksen siirtäessä alihankkijalle, jää omassa valmistuksessa tehtävä merkkaus pois ja aikaa muuhun työhön jää enemmän. Värikoodimerkkaus sopii myös käytännötasolla paremmin alihankkijalle, koska alihankkija käy joka tapauksessa jokaisen osan läpi lajittelun yhteydessä, jolloin alihankkijan työmääräkään ei käytännössä lisäännä lähes ollenkaan.

Esikäsittelyn kannalta keskeistä olisi saada oikeat osat oikeaan aikaan työn alle. Toisin sanoen kyseessä on työjärjestyksen kehittäminen ja standardointi, joka syntyisi itseasiassa automaattisesti työnsuunnittelun työvaiheistuksen kehittämisen kautta. Samalla saataisiin yhtenäistettyä käytäntö siitä, mitkä kartio-osat tehdään särmäämällä ja mitkä mankeloimalla. Mankelointiosaamista olisi kasvatettava, jotta mankeloitavista osista saataisiin riittävän laadukkaita. Tämä voitaisiin ratkaista yksinkertaisesti kouluttamalla mankeloitsijoita lisää. Lisäksi levyjen hitsattavien reunojen viisteytys pitäisi siirtää muualle mekanisoidun saumahitsauksen ympäristöstä. Tällöin mekanisoidun saumahitsauksen läpimenoa saataisiin parannettua, kun operaattorit keskittyisivät vain hitsaukseen. Lisäksi työpisteen siisteystasoa saataisiin nostettua huomattavasti, kun hiontapöly poistuisi ympäristöstä. Toinen vaihtoehto olisi investoida viisteytyskoneeseen, jolla viisteytys hoituisi tasalaa-tuisemmin sekä ilman teräspölyä.

Pienosavalmistuksen ja suurempien kokoonpanojen erottamiseksi toisistaan aiempaa selvemmin, luotaisiin jo heti standardointivaiheessa kolme erillistä pienosavalmistuspistettä. Tällöin olisi logistisestikin selvää, miten materiaali liikkuu pienosavalmistuksen osalta tehtaan sisällä. Yhdessä pienosavalmistuspisteessä valmistettaisiin paksuista levymateriaaleista koostuvat kokonaisuudet eli nostokorvat ja tukijalat. Toisessa valmistuspisteessä valmistettaisiin kaikki putkistot. Kolmannessa valmistuspisteessä taas valmistettaisiin sisä-rakenteet sekä miesluukut.

Nostokorva- ja tukijalkavalmistuksen sujuvan läpimenon kannalta olisi erittäin tärkeää, että levyosat olisi viisteytetty ennen kuin ne tuodaan valmistuspisteeseen. Täten varsinaisessa valmistuspisteessä tehtäisiin vain osien yhdistäminen ja hitsaus. Tehokkaan hitsauksen kannalta olisi varmistuttava, että hitsausviisteet tehdään juuri oikean mittaisiksi. Liian suurien viisteiden tekeminen on turhaa, jonka seurauksena hitsaamiseen käytetty aika kasvaa, kun täytettävää tilavuutta on enemmän. Hitsattavan kappaleen huolellinen kiinnitys sekä oikea hitsausjärjestys ovat ratkaisevia, jotta kappale pysyy muodossaan hitsauksen ja jäähtymisen aikana.

Putkistovalmistusta tehostettaisiin jakamalla työtä useampaan vaiheeseen, jotka tehtäisiin fyysisesti rinnakkain samassa työpisteessä. Esivalmistetuille putkiosille tehtäisiin ensin tarvittavat valmistelut ja osien yhteen liittämiset silloitushitsaamalla yhdessä pisteessä. Silloitushitsaus tehtäisiin kokoonpanojigissä. Tämän jälkeen silloitushitsattu putkisto siirrettäisiin viereiseen vastaavaan kokoonpanojigiin, jossa silloitushitsaus tehtiin. Tässä pisteessä tehtäisiin kaikki putkiston hitsaukset. Mikäli tuotteita on paljon valmistuksen alla ja siten myös putkistomenekki on suurta, voitaisiin putkistohitsausta tehostaa lisäämällä kokoonpanojigien määrää ja siten hitsauspisteitä. Yksi silloitushitsauspiste pystyy syöttämään putkistoja vähintään kolmelle erilliselle loppuhitsauspisteelle. Tällöin voitaisiin testata myös vaihtoehtoa, jossa loppuhitsaukset jaettaisiin vielä kolmeen vaiheeseen työkuorman tasoittamiseksi eri vaiheiden välillä. Ensimmäisessä vaiheessa hitsattaisiin juurihitsit jigissä, jonka jälkeen putkisto siirrettäisiin seuraavaan jigii pintahitsausta varten. Tämän jälkeen putkisto siirrettäisiin vielä jigin viereen pöydälle muhvien asennusta ja hitsausta varten. Tässä kohtaa ei tarvita enää jigii, sillä muhvihitsaukset eivät aiheuta enää vetelyä putkistoon. Jokaisella vaiheella olisi omat työntekijänsä ja valmistuksesta tulisi hieman enemmän sarjamaista, kun lyhempiä työvaiheita olisi useampia.

Etenkin pienosavalmistuksen ja kokoonpanojen kannalta keskeinen kriittinen kehittämistoimenpide olisi luoda yksityiskohtaiset ja selkeät työohjeet. Työohjeiden myötä kokoonpanomenetelmät ja -järjestykset saataisiin standardoitua ja siten turhan työn määrää pienenisi huomattavasti. Työohjeiden ensimmäinen versio olisi alkuvaiheessa tehtävä sen tiedon perusteella, mitä tuotteen valmistuksesta on kokemuksen perusteella hankittu ja havaittu. Työohjeissa olisi ennen kaikkea otettava tarkkaan huomioon, missä järjestyksessä mikäkin osa asennetaan sekä hitsataan kiinni. Ohjeista olisi luotavat mahdollisimman visuaaliset ja yksiselitteiset, jotta ohjeistuksen olisivat helposti ja nopeasti sisäistettävissä eikä tulkinnanvaraa jäisi. Kokoonpanojärjestyksissä otettaisiin huomioon myös kappaleen käsittelytarpeen minimointi. Tällä tarkoitetaan turhien nostojen, kääntöjen ja siirtojen poistamista. Selkeiden työohjeiden avulla myös uusien työntekijöiden olisi helpompaa sisäistää, miten tuote kokoonpannaan. Työohjeistukseen sisällytettäisiin myös kunkin työvaiheen optimaalisin työntekijämäärä sekä tarvittavan resurssin tyyppi, eli levyseppä, levyseppähitsaaja tai hitsaaja. Työntekijöiden osaamistasoerojen tasoittamiseksi, olisi työntekijöille järjestettävä lisäkoulutusta niin kokoonpano- kuin hitsaus-työstäkin.

Materiaalivirtauksen ja valmistuksen layoutin keskeisin kehittämistoimenpide pitkällä aikavälillä olisi luoda selkeä, järjestelmällinen ja hyvin virtaava materiaalivirtaus sekä suunnitella layoutit mahdollisimman toimiviksi sujuvan valmistuksen kannalta. Kehittämisprosessin alussa tärkeäksi osa-alueeksi nousisi ensin kuitenkin varastointialueiden sekä työpisteiden sijainnin vakiointi nykyisten parhaiden käytäntöjen kautta. Toisin sanoen valittaisiin ne alueet, joissa tuotteen ja sen osien valmistus sekä osien varastointi on

kokemuksen perusteella sujunut toistaiseksi parhaiten. Samalla olisi kuitenkin hyvä kiinnittää jo myös huomiota kuljetusmatkojen minimointiin ja materiaalinkäsittelyn helppouteen, niin paljon kuin tässä kohdin on mahdollista.

Tärkeää olisi myös, että varastointialueiden ja työpisteiden sisäiselle layoutille luotaisiin yksityiskohtainen suunnitelma, jotta materiaali virtaisi valmistusprosessin läpi ainakin vakioidusti, mutta mahdollisesti samalla myös jo aiempaa sujuvammin. Tämä tarkoittaa muun muassa sitä, että luotaisiin vakioidut varastointipaikat sekä materiaaleille, että keskeneneräiselle tuotannolle. Materiaalivirtauksen ja layoutien vakioinnin lisäksi, olisi tärkeää, että koko materiaalivirtaus sisältäen työpisteet, varastointipaikat ja kuljetusreitit, kuvattaisiin selkeästi ja kommunikoitaisiin läpi organisaation. Lisäksi etenkin työpisteet ja varastointipaikat olisi hyvä merkata aivan käytännön tasolla tuotantotiloihin jo heti alussa. Tämä lisäisi selkeyttä, mutta auttaisi myös henkilöstöä sisäistämään paremmin uutta toimintatapaa jo alusta alkaen.

Keskeinen teknologinen standardointi alussa olisi määrittää kuhunkin hitsaussaumaan käytettävä hitsausmenetelmä. MIG/MAG-hitsausta olisi käytettävä niin paljon kuin mahdollista, sen paremman tuottavuuden vuoksi verrattuna TIG-hitsaukseen. Käytettävä saumakohtainen hitsausmenetelmä lisättäisiin työohjeistukseen. Helpoiten käytettävä hitsausmenetelmä saataisiin kommunikoitua, merkkamalla suoraan valmistuspiirustuksiin kunkin sauman kohdalle MIG/MAG tai TIG. Ohjeissa käytettäväksi valmistuspiirustuksiksi voidaan valikoida minkä tahansa projektin valmistuspiirustukset, koska tuotteeseen tulee aina samaa tyyppiä olevat saumat, sen koosta riippumatta. Ainoastaan saumojen määrät voivat vaihdella. Täten hitsausmenetelmät saataisiin vakioitua heti yksityiskohtaisesti eikä turhaa aikaa kuluisi hitsausmenetelmän valintaan. Toinen keskeinen teknologinen standardointia vaativa asia olisi määrittää kaikki ne kokonaisuudet, joiden hitsaamiseen pyörityspöytien käyttö toisi lisäarvoa nopeamman hitsauksen kautta, kun kappaleet saataisiin käännettyä helposti optimaalisimpaan hitsausasentoon.

Laadunvarmistusprosessi olisi myös vakioitava ja vakioitu prosessi käynnistettävä mahdollisimman nopeasti. Ensin olisi kuitenkin sovittava, mitä laatuun liittyviä asioita aletaan seurata, jotta pystytään seuraamaan laatutason kehitystä halutusti sekä havaitsemaan tehtyjen toimenpiteiden vaikutukset. Laadunvalvonnan työkaluksi voitaisiin alussa luoda vakioidut tarkastuslistat, jotka sisältäisivät tuotteesta tarkastettavat kohteet sen eri valmistusvaiheissa. Tarkastettavat kohteet valittaisiin alkuun perustuen aiempiin ongelmakohtiin sekä niihin vaatimuksiin, joita asiakas tuotteelle on asettanut. Tuotteen mittapöytäkirjoista luotaisiin myös yhtenäiset mittapöytäkirjapohjat, joita voitaisiin käyttää tuotteen koosta riippumatta. Mittapöytäkirjojen sekä tarkastuslistojen läpikäynnistä ja täyttämisestä vastaisi tehtävään erikseen nimettävä henkilö tai henkilöt. Tarkastus- ja mittauskohteiden määrät olisi pidettävä sopivana, jotta tarkastuksiin ja mittauksiin ei käytettäisi kuitenkaan liikaa aikaa. Tärkeintä olisi, että kaikki ne kohteet tarkastettaisiin ja mitattaisiin, joilla on vaikutusta tuotteen vaatimustenmukaisuuteen. Valmistukseen olisi lisäksi mah-

dollisimman nopeasti luotava tiedotuksen ja koulutuksen avulla kerralla valmiiksi -asettetta. Jokaisen osan on oltava jokaisen valmistusvaiheen jälkeen sellainen kuin siltä edellytetään. Seuraavassa työvaiheessa osaa ei pidä enää joutua korjaamaan, vaan jokaisen on huolehdittava henkilökohtaisesti siitä, että eteenpäin lähetettävä osa on vaatimustenmukainen.

7. TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Työn tuloksena syntyi kehitysstrategia, jonka vaiheet eli nykyisten parhaiden käytäntöjen standardointi, arvon määrittäminen, arvoketjun tunnistaminen ja arvoa lisäämättömien vaiheiden poistaminen, toimintojen virtauttaminen, imuohjauksen käyttöönotto sekä täydellisyyden tavoittelu, tarjoavat kokonaisvaltaisen ratkaisun toiminnan kehittämiseen sekä sitä kautta mahdollistavat työn alussa esitettyihin tavoitteisiin pääsemisen. Noudattamalla kehitysstrategiaa hallitusti, pystytään varmasti parantamaan kohdeyrityksen tuotantoprosessin tuottavuutta, kustannustehokkuutta ja laatutasoa nykytasosta. Näillä osalueilla on mahdollista saavuttaa nopeastikin parempia tuloksia jo pelkästään ensimmäisen vaiheen, eli nykyisten parhaiden käytäntöjen standardoimisen myötä.

Ensimmäisen vaiheen toteuttaminen luo pohjan myös kehitysstrategian seuraavien vaiheiden toteuttamiselle, jota kautta on mahdollista saavuttaa entistä parempia tuloksia. Samalla tarjoutuu mahdollisuus luoda paremmat valmiudet vastaavantyyppisten tuotteiden valmistamiseen myös muille asiakkaille sekä lisätä omien palveluiden houkuttelevuutta asiakasnäkökulmasta. Tämä on suoraa seurausta tehostuneista prosesseista ja siten paremmasta palvelukyvyvystä, mutta myös paremmasta asiakasarvon ymmärtämisestä, jolloin osataan tarjota yksilöllisempiä ratkaisuja asiakkaiden ongelmiin.

Kehitysstrategian ensimmäisen vaiheen kehitysehdotuksista muodostettiin ja koottiin suoraan konkreettiset kehitystoimet, joiden avulla mahdollistetaan kehittämisprosessin nopea ja vaivaton käynnistäminen. Kehitystoimet on järjestetty taulukkoon 3 sen perusteella, mikä arvioidaan olevan saavutettavan positiivisen vaikutuksen määrä toimintaan. Taulukkoon on myös kirjattu arvioitu vaadittava panostus, joka on tehtävä asian toteuttamisen eteen.

Taulukko 3. Kehitystoimien prioriteettijärjestys perustuen arvioituun vaikutukseen.

Arviointiasteikot					
Panos			Vaikutus		
Matala	Kohtalainen	Korkea	Vähäinen	Kohtalainen	Merkittävä
1	5	10	1	5	10

	Kehitystoimien prioriteettijärjestys arvioidun positiivisen vaikutuksen määrän mukaan	Panos	Vaikutus
1.	Työvaiheiden ja -järjestyksien standardointi	9	10
2.	Yksityiskohtaisten ja selkeiden työohjeiden luominen	9	10
3.	Työnsuunnittelun ohjeistuksen luominen	7	9
4.	Tarkastuslistojen luominen	8	9
5.	Optimaalisimman työntekijämäärän sekä osaamisen kohdistamisen parantaminen	8	9
6.	Osaamisen parantaminen sekä osaamistasoerojen kaventaminen koulutuksen avulla	8	9
7.	Käytettävien hitsausmenetelmien standardointi saumakohtaisesti	8	9
8.	Kerralla valmiiksi -asenteen lisääminen tiedotuksen ja koulutuksen avulla	8	9
9.	Työpisteiden ja varastointialueiden sijainnin vakiointi	9	9
10.	Työpisteiden ja varastointialueiden sisäisen layoutin vakiointi	9	9
11.	Työtuntileimausten oikeellisuuden varmistaminen	10	9
12.	Työkorttirakenteen standardointi	5	8
13.	Laserleikattavien osien merkkaukikäytäntöjen standardointi	5	8
14.	Alihankittavien osien lajitteluohjeen päivittäminen ja yhtenäistäminen	5	8
15.	Mittapöytäkirjojen yhtenäistäminen ja mitattavien kohteiden määrittäminen	6	8
16.	ERP-järjestelmän tietojen oikeellisuuden ja ajantasaisuuden jatkuva varmistaminen	7	8
17.	Pyörityspöytien käytön lisääminen hitsauksissa	7	8
18.	Käytettävien hitsausmenetelmien optimointi tuottavuuden kannalta	7	8
19.	Kappaleiden käsittelytarpeiden minimointi	8	8
20.	Kuljetusmatkojen minimointi ja materiaalinkäsittelyn helpottaminen	8	8
21.	Hitsattavien kappaleiden kiinnitystapojen ja hitsausjärjestyksien kehittäminen	8	8
22.	Materiaalivirtauksen kuvaaminen ja kommunikointi	8	8
23.	Laatudokumenttien läpikäynnistä ja täyttämisestä vastaavien henkilöiden nimeäminen	1	7
24.	Alihankittavien osien värikoodimerkkausten teon siirtäminen alihankkijalle	2	7
25.	Leikkuugeometrioiden tallennuskäytännön muuttaminen	5	7
26.	Oston ja työnsuunnittelun kommunikaation parantaminen	6	7
27.	Suurikokoisten levyosien pilkkomisperusteiden standardointi	6	7
28.	Aiempien leikkuugeometrioiden hyödyntämisen aloittaminen	6	7
29.	Laatumittareiden määrittäminen	6	7
30.	Levyjen viisteytyksen kehittäminen	7	7
31.	Työkorttien jakelun standardointi	2	6
32.	Valmistettavuuteen liittyvien kehitysehdotusten aktiivinen kommunikointi asiakkaalle	3	6
33.	Alihankittavien osien leikkuugeometrioiden listauksen yhtenäistäminen	3	6
34.	Kaikki hankintatarpeet työnsuunnittelun kautta	2	5
35.	Alihankittavien osien listaukset nestauksen kautta	6	5
36.	Alihankittavien osien nestauksesta luopuminen	1	4
37.	Materiaalitodistusten tallennuskäytännön muuttaminen	2	3

Taulukkoon 4 on lisäksi listattu kehitystoimet siten, että niiden liitynnät toisiinsa tulevat esille. Taulukossa kehitystoimet on ryhmitelty kokonaisuuksiin, joiden sisällä kehitystoimet liittyvät selkeästi toisiinsa. Taulukko kertoo siis, missä järjestyksessä kehitystoimet

on näiden kokonaisuuksien sisällä kannattavinta toteuttaa järjestelmällisen kehittämisen kannalta.

Taulukko 4: Toisiinsa liittyvien kehitystoimien toteuttamisjärjestys.

	Toisiinsa liittyvien kehitystoimien toteuttamisjärjestys
A	1. Työkorttirakenteen standardointi
	2. Kappaleiden käsittelytarpeiden minimointi
	3. Optimaalisimman työntekijämäärän sekä osaamisen kohdistamisen parantaminen
	4. Työvaiheiden ja -järjestyksien standardointi
	5. Yksityiskohtaisten ja selkeiden työohjeiden luominen
	6. Työkorttien jakelun standardointi
	7. Työnsuunnittelun ohjeistuksen luominen
	8. Valmistettavuuteen liittyvien kehitysehdotusten aktiivinen kommunikointi asiakkaalle
B	1. Kuljetusmatkojen minimointi ja materiaalinkäsittelyn helpottaminen
	2. Työpisteiden ja varastointialueiden sijainnin vakiointi
	3. Työpisteiden ja varastointialueiden sisäisen layoutin vakiointi
	4. Materiaalivirtauksen kuvaaminen ja kommunikointi
C	1. Käytettävien hitsausmenetelmien optimointi tuottavuuden kannalta
	2. Levyjen viisteytyksen kehittäminen
	3. Pyörityspöytien käytön lisääminen hitsauksissa
	4. Hitsattavien kappaleiden kiinnitystapojen ja hitsausjärjestyksien kehittäminen
	5. Käytettävien hitsausmenetelmien standardointi saumakohtaisesti
D	1. Leikkuugeometrioiden tallennuskäytännön muuttaminen
	2. Laserleikattavien osien merkkaukikäytäntöjen standardointi
	3. Suurikokoisten levyosien pilkkomisperusteiden standardointi
	4. Aiempien leikkuugeometrioiden hyödyntämisen aloittaminen
	5. Alihankittavien osien nestauksesta luopuminen
	6. Alihankittavien osien värikoodimerkkausten teon siirtäminen alihankkijalle
	7. Alihankittavien osien leikkuugeometrioiden listauksen yhtenäistäminen
	8. Alihankittavien osien lajitteluohjeen päivittäminen ja yhtenäistäminen
	9. Alihankittavien osien listaukset nestauksen kautta
E	1. Osaamisen parantaminen sekä osaamistasoerojen kaventaminen koulutuksen avulla
	2. Kerralla valmiiksi -asenteen lisääminen tiedotuksen ja koulutuksen avulla
F	1. Laatumittareiden määrittäminen
	2. Tarkastuslistojen luominen
	3. Mittapöytäkirjojen yhtenäistäminen ja mitattavien kohteiden määrittäminen
	4. Laatudokumenttien läpikäynnistä ja täyttämisestä vastaavien henkilöiden nimeäminen
G	1. Kaikki hankintatarpeet työnsuunnittelun kautta
	2. Oston ja työnsuunnittelun kommunikaation parantaminen
	3. Materiaalitodistusten tallennuskäytännön muuttaminen
H	1. Työtuntileimausten oikeellisuuden varmistaminen
	2. ERP-järjestelmän tietojen oikeellisuuden ja ajantasaisuuden jatkuva varmistaminen

Jokaista taulukon 4 kokonaisuutta A-H voidaan käytännössä kehittää itsenäisesti, mutta toki hyvä on huomioida myös sidonnaisuudet kokonaisuuksien välillä. Esimerkiksi kokonaisuudet A-D liittyvät toisiinsa siten, että kokonaisuuksia B-D on syytä miettiä samalla, kun käsitellään kokonaisuutta A, jossa minimoidaan kappaleiden käsittelytarvetta sekä standardoidaan työvaiheita ja -järjestyksiä. Kuvattujen kehitystoimien järjestelmällisen ja huolellisen toimeenpanon avulla kohdeyritys pystyy varmasti saavuttamaan jo merkittäviä parannuksia toimintaansa.

Vaikka Lean-periaatteita on perinteisesti sovellettu enemmänkin sarjavalmistustyyppiin ympäristöön, voidaan periaatteita hyödyntää myös muun tyyppisessä ympäristössä. Tärkeintä on osata poimia kulloiseenkin toimintaympäristöön parhaiten soveltuvia periaatteita ja hyödyntää niitä parhaalla mahdollisella tavalla. Ne periaatteet, joiden ei koeta millään soveltuvan tiettyyn ympäristöön, voidaan suosiolla jättää hyödyntämättä, sillä jonkin toimintaympäristöön sopimattoman asian väkisin toteuttaminen vain sen takia, että halutaan orjallisesti noudattaa valittua linjaa, ei todennäköisesti tuota toivottua lopputulosta. Yksittäisiä periaatteita voidaan toki aina myös soveltaa ja muokata mahdollisuuksien mukaan sopivammaksi kulloiseenkin toimintaympäristöön. Pääasia on, että kehittämisessä ymmärretään, että eri asiat sopivat eri tavoin eri ympäristöihin. Jokin mikä toimii jossain muualla, ei välttämättä toimi yhtä hyvin toisaalla.

Kohdeyrityksen yksittäistuotannon kannalta esimerkiksi perinteinen Leanin mukainen imuohjaus ja toimintojen virtauttaminen sekä niiden työkalujen hyödyntäminen sellaiseenaan ei varmasti toimisi tarkoituksenmukaisella tavalla. Tämän vuoksi näiden periaatteiden kohdalla on lähestytty asiaa siitä näkökulmasta, että tarkoitus on hyödyntää periaatteita ja työkaluja siten, että niistä saadaan paras mahdollinen hyöty. Väkisin ei siis pidä noudattaa periaatteita sellaisten toimintojen kohdalla, joihin ne eivät yksinkertaisesti sovi ja joiden muuttaminen ei esimerkiksi kustannussyistä ole pitkälläkään aikavälillä kannattavaa.

Todennäköisesti merkittävin haaste kohdeyrityksen kohdalla luodun kehitysstrategian toteuttamiselle on riittävien resurssien ja ajan löytäminen kehittämiselle. Ilman kunnollista resursointia ja riittävää aikaa, kehittäminen ei kuitenkaan ole tehokasta eikä tuloksia saavuteta niin nopeasti kuin varmasti toivottaisiin. Riskinä on tällöin, että kehittäminen jää kokonaan toissijaiseksi toimeksi eikä haluttuja tuloksia saavuteta koskaan. Tämän vuoksi olisi ensimmäisenä ensiarvoisen tärkeää varmistaa riittävä resursointi ja aika sekä nimetä kehittämisestä vastaavat henkilöt.

Toinen selkeä riski kehitysstrategian kokonaisvaltaiselle toteutumiselle on, että ensimmäisen vaiheen toteuttamisen jälkeen, muut vaiheet jäävät kokonaan toteuttamatta eli kehitysprosessi keskeytyy. Tähän on syynä se, että ensimmäisen vaiheen jälkeiset vaiheet vaativat tarkempaa suunnittelua ennen toteuttamisen aloittamista, jotta siirryttäessä seuraavaan vaiheeseen ollaan selvillä siitä, miten on tarkoitus edetä. Täten suunnitteluunkin

on löydyttävä aikaa ja resursseja. Ennen kaikkea on tärkeää, että jokaiseen kehitysvaiheeseen käytetään riittävästi aikaa ja huolellisuutta, jotta saadaan aikaan myös laadukkaita ja kestäviä tuloksia. Jokainen kehitysaskel yksinkertaisesti vaatii oman aikansa ja on ymmärrettävä, ettei kaikkea voida saavuttaa kerralla. Kaiken kaikkiaan onkin varauduttava siihen, että luodun kehitysstrategian toimeenpano on ennen muuta pitkä prosessi, mutta samalla on myös muistettava, että kärsivällisyyden sekä huolellisen ja järjestelmällisen tekemisen myötä on mahdollista saavuttaa huomattavia tuloksia.

8. YHTEENVETO

Keskeiseksi haasteeksi nykyisessä tuotantoprosessissa nousi epäyhtenäiset ja vaihtelevat toimintatavat. Kehitettävää löytyy läpi koko tuotantoprosessin niin työsuunnittelusta, hankinnasta kuin itse valmistuksesta. Virheellinen tai puutteellinen tieto tai tiedon liikkuminen ovat merkittäviä ongelmia, kuten myös esimerkiksi valmistusmenetelmien, layoutien, materiaalivirtojen ja laadunvarmistuksen vakioinnin puute. Epäyhtenäisistä ja vaihtelevista toimintatavoista seuraa vaikeuksia prosessien todellisen suorituskyvyn selvittämiseen sekä kehittämistoimenpiteiden vaikutusten näkemiseen. Lisäksi ne aiheuttavat tehottomuutta ja siten prosessit kuluttavat aikaa ja resursseja yli todellisen tarpeen, jolloin kustannussuorituskyky ei ole optimaalisimmalla tasolla. Vaihtelevat toimintatavat kasvattavat myös laatuvirheiden syntyminen todennäköisyyttä ja siten niiden määrä, mikä myös nostaa tuotantoprosessin kustannuksia.

Luotu kehitysstrategia, joka perustuu Leanin mukaiseen kehittämiseen ja Leanin tarjoamiin työkaluihin, tarjoaa mahdollisuuden kehittää tuotantoprosessia kohti määritettyä tavoitetilaa, jossa prosessit toimivat huomattavasti nykyistä sujuvammin ja tehokkaammin. Kehitysstrategian ensimmäisen vaiheen, eli nykyisten parhaiden käytäntöjen standardoinnin ja esitettyjen kehittämis ehdotusten toimeenpanon avulla, pystytään ensimmäiseksi pääsemään eroon epäyhtenäisistä ja vaihtelevista toimintatavoista. Tämän myötä pystytään varmasti jo parantamaan tuotannon kilpailukykyä nykyisestä tasosta. Muiden kehitysvaiheiden läpivienti auttaa tämän jälkeen kehittämään kilpailukykyä entisestään, jolloin voidaan odottaa tuotannon tuottavuuden, kustannustehokkuuden ja laatutason merkittävää paranemista. Lisäksi kehitysstrategian kuuden vaiheen läpivienti tarjoaa myös mahdollisuuden kehittää kohdeyrityksen palveluiden kilpailukykyä ja houkuttelevuutta muistakin näkökulmista. Toisin sanoen tarjotun palvelukonseptin sisältö ja laajuus voidaan yhdessä asiakkaan kanssa kehittää vastaamaan asiakkaan tarpeita parhaan mukaan.

Kehitysstrategian onnistuneen toteuttamisen kannalta keskeistä on heti alussa hyväksyä se, että haluttujen tulosten, eli tuotantoprosessille luodun tavoitetilän saavuttaminen, tulee viemään aikaa. Pitää muistaa, että Leanin mukainen kehittäminen on jatkuvaa eikä kehittäminen näin ollen lopu koskaan. Kehitysstrategian ensimmäinen vaihe pystytään kuitenkin toimeenpanemaan nopeastikin, jolloin saadaan luotua myös pohja seuraaville kehitysstrategian vaiheille. Ensimmäisen vaiheen toimeenpanon tuloksena mitä todennäköisimmin saavutettava myönteinen toimintatapojen ja prosessien kehitys luonee myös uskoa kehitystoimenpiteiden hyödyllisyyteen sekä kehitysstrategian toimivuuteen läpi organisaation.

LÄHTEET

Bellgran, M. & Säfsen, K. 2010. Production Development over Time. Springer London. 340 p.

Borek, A., Parlikad A.K., Webb, J. & Woodall, P. Total Information Risk Management: Maximizing the Value of Data and Information Assets. Elsevier, Inc. 290 p.

Cassidy, A. & Guggenberger, K. 2000. A Practical Guide to Information Systems Process Improvement. CRC Press. 261 p.

Crandall, R.E. & Crandall, W.R. 2014. Vanishing Boundaries: How Integrating Manufacturing and Services Creates Customer Value, 2nd Edition. CRC Press. 505 p.

Cudney, E.A., Furterer, S.L., Dietrich, D. 2013. Lean Systems: Applications and Case Studies in Manufacturing, Service and Healthcare. CRC Press. 511 p.

De Feo, J.A. & Juran, J.M. 2010. Juran's Quality Handbook: The Complete Guide to Performance Excellence, 6th Edition. The McGraw-Hill Companies, Inc. 1136 p.

Detlor, B. 2012. Information Management. Understanding Information Retrieval Systems: Management, Types and Standards. Edited By, Bates M.J. CRC Press. 713 p.

Dixon, D. 2007. Lean in the Job Shop. Fabricating & Metalworking, Feb 2007, Vol. 6(2). Alliance Communications, Inc. Pellham. pp. 18-19,52.

Herrmann, C., Thiede, S., Stehr, J. & Bergmann, L. 2008. An environmental perspective on Lean Production. The 41st CIRP Conference on Manufacturing Systems: Manufacturing Systems and Technologies for the New Frontier, Tokyo, Japan, May 26-28, 2008. Springer London. pp. 83-88.

Lapinleimu, I., Kauppinen, V. & Torvinen, S. 1997. Kone- ja metallituoteteollisuuden tuotantojärjestelmät. Porvoo, WSOY. 398 s.

Lester, A. 2007. Project Management - Planning and Control, 5th Edition. Elsevier Inc. 435 p.

Liker, J.K. 2003. The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer. McGraw-Hill. 330 p.

Miltenburg, J. 2005. Manufacturing Strategy: How to Formulate and Implement a Winning Plan. Productivity Press. 439 p.

Nicholas, J.M. & Soni, A. 2005. *The Portal to Lean Production: Principles and Practices for Doing More with Less*. Auerbach Publications. 344 p.

Parry, G. & Graves, A.P. 2008. *Build To Order: The Road to the 5-day Car*. Springer-Verlag London. 438 p.

PK-yritys [WWW]. 2015. Tilastokeskus. [viitattu 12.1.2015]. Saatavissa: http://www.stat.fi/meta/kas/pk_yritys.html

Pyzdek, T. & Keller, P. 2013. *Handbook for Quality Management: A Complete Guide to Operational Excellence*, 2nd Edition. McGraw-Hill Professional. 512 p.

Reidenbach, R.E. 2009. *Listening to the Voice of the Market: How to Increase Market Share and Satisfy Current Customers*. Productivity Press. 193 p.

Rodney Turner, J. 2009. *Handbook of Project-based Management: Leading Strategic Change in Organizations*, 3rd Edition. The McGraw-Hill Companies, Inc. 452 p.

Ross, D.F. 2011. *Introduction to Supply Chain Management Technologies*, 2nd Edition. CRC Press. 386 p.

Shina, S.G. 2014. *Engineering Project Management for the Global High-Technology Industry. Make or Buy: Subcontracting and Managing the Supply Chain*, Chapter. McGraw-Hill. 426 p.

Voehl, F., Harrington H.J., Mignosa, C. & Charron, R. 2013. *The Lean Six Sigma Black Belt Handbook: Tools and Methods for Process Acceleration*. CRC Press. 552 p.

Wang, J.X. 2011. *Lean Manufacturing: Business Bottom-Line Based*. CRC Press. 257 p.

Womack, J.P. & Jones, D.T. 2003. *Lean Thinking*. New York, Simon & Schuster, Inc. 396 p.

LIITE A: TUOTANTOPROSESSIN OSA-ALUEIDEN NYKYTILAT JA TAVOITETILAT

Työnsuunnittelu - nykytila vs. tavoitetila		
Osa-alue	Nykytila	Tavoitetila
Työnsuunnittelun aloitus-ajankohta	Vaihtelee suuresti	Välittömästi valmistuspiirustusten saavuttua
Työnsuunnittelun valmiusaste valmistuksen alkaessa	Ajoittain kesken	Täysin valmis
Tuotteen rakenne- ja vaihemallien luominen	Paljon manuaalista ja aikaa vievää kirjaustyötä	Valmiiden rakenne- ja vaihemallien hyödyntäminen
Hankintatarveimpulssien kommunikointi	ERP-järjestelmä, sähköposti, suullisesti	ERP-järjestelmä
Hankintatarvetietojen määrittelyn taso	Puutteita, vaatii usein lisäselvittelyjä	Yksiselitteisesti määriteltä
Levymäärätarpeen arviointi	Nestauksen kautta	Historiatietojen perusteella
Työkortin merkitys tuotannonohjauksessa	Vähäinen, johtuen puutteellisista tiedoista	Ohjaa materiaalia tarkasti ja yksiselitteisesti
Syvällisen osaamisen tuotteen valmistuksesta omaavia työnsuunnittelijoita	Yksi	Vähintään kaksi

Hankinta - nykytila vs. tavoitetila		
Osa-alue	Nykytila	Tavoitetila
Hankintaprosessin aloitus- ajankohta	Vaihtelee suuresti	Välittömästi hankintatar- veimpulssien ilmaannuttua
Ostotilausten statusten ajantasaisuus ERP-järjes- telmässä	Vaihtelee suuresti	Kaikki aina ajan tasalla
Ostotilausten kirjautumi- nen oikeille projekteille	Vaihtelee suuresti	Kaikki kirjautuvat aina oi- kealle projektille
Hankintakanavien määrä	Muutama	Useita
Pieniä määriä erikoismate- riaaleja Suomessa varastoi- via toimittajia	Ei yhtään	Vähintään yksi
Materiaalitarpeiden ennus- tettavuuden taso	Hyvin heikko	Aiempaa selkeästi parempi

Valmistus - nykytila vs. tavoitetila		
Osa-alue	Nykytila	Tavoitetila
Työpisteiden siisteyden ja järjestyksen taso	Heikko	Aina siistit ja järjestyksessä olevat työpisteet
Työntekijöiden osaamis- taso	Vaihtelee suuresti	Aiempaa korkeampi ja ta- saisempi

Työntekijämäärä ja tarvittava osaaminen eri valmistusvaiheissa	Ei ole määritelty riittävällä tasolla	Optimoitu parhaan mahdollisen tuottavuuden kannalta
Aiempien levyleikkugeometrioiden hyödyntäminen	Hyvin vähäistä	Mahdollisimman suurta
Asiakkaan tuotesuunnittelussa käyttämien standardiosien määrä	Vähäinen	Mahdollisimman suuri
Asiakkaan toimittamien valmistuspiirustusten käytettävyys	Normaalilla tasolla	Aiempaa parempi
Nestausperiaatteet	Paljolti työntekijäriippuvaisia	Yhtenäiset periaatteet
Merkkausmahdollisuuksien hyödyntämisen taso	Normaalilla tasolla verrattaessa vastaaviin tuotteisiin	Nostaminen uudelle tasolle
Alihankittavien levyosien nestauskäytännöt	Nestataan kuten muutkin osat	Luodaan pelkät leikkumallit
Alihankittavien levyosien lajittelu- ja toimituskäytännöt	Epäyhtenäiset	Yhtenäiset
Alihankittavien levyosien värikoodimerkkaus	Tehdään omassa tuotannossa	Alihankkija tekee lajittelun yhteydessä
Leikkuuroiskeiden poistaminen laserleikatuista putkiosista	Tehdään omassa tuotannossa	Alihankkija huolehtii
Hitsausrailojen huomioiminen putkimitoituksissa	Tehdään omassa suunnittelussa	Asiakas huomioi piirustuksissaan

Putkien taivutuksen mittatarkkuus	Paikoin liikaa vaihtelua	Vaihtelu pienempää ja lopputulos tarkempi
Taivutettujen putkien sahaus ja koneistus	Aikaa vievää	Tehokkaammat menetelmät
Taivutettujen putkistojen valmistamisen kustannus	Kalliimpaa kuin laserleikattujen valmistaminen	Edullisempaa kuin laserleikattujen valmistaminen
Levyosien työstömenetelmät	Vaihtoehtoisia menetelmiä, jolloin epäselvyyksiä	Vakioidut menetelmät
Mankeloinnin mittatarkkuus	Paikoin liikaa vaihtelua	Vaihtelu pienempää ja lopputulos tarkempi
Mekanisoidun saumahitauksen ja mankeloinnin kapasiteetti	Ajoittain riittämätön	Osat saadaan työn alle tarpeen mukaan
Hiiliteräsosien maalausohje	Ei vakioitu	Vakioitu
Putkistovalmistuksen kokoonpanojigin modulaarisuus	Tietyt jigin osat käytettävissä usealle eri putkikoolle	Yksi jigi kaikille putkikoille
Terävien reunojen pyöritys pienosista	Tehdään vaihtelevasti eri kohdin valmistusprosessia	Tehdään aina samassa kohdassa valmistusprosessia
Sisä rakenteiden valmistuksessa käytettävät apuvälineet	Tehdään käytännössä pöydän päällä	Käytetään kokoonpanojigiä
Kokonaisuuksien jaottelu pienempiin osakokonaisuuksiin	Paikoin vaihtelevasti ja epäselvästi määriteltä	Vakioidut ja selvästi määritellyt osakokonaisuudet

Valmistusohjeet	Puutteelliset ja melko karkeat	Selkeät ja yksityiskohtaiset
Valmistusmenetelmät ja -järjestykset, työpisteet, työ- ja apuvälineet	Ei tarkoin määritelty	Yksiselitteisesti määritelty
Ohutseinämäisten rakenteiden muodossaan pysyminen	Erilaisten ja vaihtelevien apuvälineiden käyttö	Vakioidut menetelmät
NDT-tarkastusten tekeminen	Ajoittain aloitetaan turhan myöhään	Aloitetaan heti valmistuksen alkuvaiheessa

Materiaalivirrat ja layout - nykytila vs. tavoitetila		
Osa-alue	Nykytila	Tavoitetila
Materiaalivirrat ja layoutit yleisesti	Ei optimoitu eikä vakioitu	Optimoitu ja vakioitu
Materiaalivirran kuvaus	Puutteellinen	Kuvattu tarkasti ja nähtävillä
Materiaalin kuljettamiseen käytettävät kuljetuskerrat ja -matkat	Vaihtelee suuresti	Minimoitu
Saapuvan materiaalin vastaanottopisteet ja varastointipaikat	Ei vakioitu ja liikaa vaihtelua	Vakioitu
Keskeneräisen tuotannon varastointipaikat	Ei vakioitu ja liikaa vaihtelua	Vakioitu

Keskeneräisen tuotannon määrä	Vaihtelee suuresti	Minimoitu
Varastotasot ja varastointiajat	Vaihtelee suuresti	Minimoitu
Valmistuksen layout	Ei vakioitu ja liikaa vaihtelua	Tarkoin määriteltä, vakioitu ja optimoitu

Teknologiat ja menetelmät - nykytila vs. tavoitetila		
Osa-alue	Nykytila	Tavoitetila
Valmistuksessa käytettävät teknologiat ja menetelmät yleisesti	Ei vakioitu	Vakioitu
Käytettävä hitsausteknologia	Ei aina optimaalisin tuottavuuden kannalta	Optimoitu tuottavuuden kannalta saumakohtaisesti
Valmistettavien vaippalohkojen koko	Ei aina optimaalisin tuottavuuden kannalta	Suurempien vaippalohkojen valmistamiskyky
Osien yhteen liittäminen kokoonpanossa	Täysin manuaalista	Laitteistojen hyödyntäminen
Mekanisoidun saumahitsauksen hyödyntämisen taso	Normaalilla tasolla verrattaessa vastaaviin tuotteisiin	Hyödyntäminen myös kokoonpanossa

Laadunvarmistus - nykytila vs. tavoitetila		
Osa-alue	Nykytila	Tavoitetila
Laadunvarmistus yleisesti	Järjestelmällisyydessä puutteita	Selkeä järjestelmä, jolla varmistetaan laadukkuus
Laadunvarmistusprosessi	Määrittelyssä puutteita	Tarkoin määritelty
Laadunvarmistuksen ohjeistus	Paikoin puutteellista	Tarkka ohjeistus
Laadunvarmistuksen tarkastuspöytäkirjat	Ei vakioitu	Vakioitu
Laadunvarmistuksen vastuhenkilöt	Ei aina riittävän tarkasti määritelty	Tarkoin määritelty
Laadullisesti puutteellisten osien siirtyminen seuraavaan työvaiheeseen	Liian yleistä	Ei tapahdu lainkaan
Hitsausten tarkka jäljitettävyyys	Paikoin puutteellista	Normaalia toimintaa
Laatupalautteiden kirjaaminen ERP-järjestelmään	Paikoin puutteellista	Jokainen puute kirjataan järjestelmään

Tieto- ja dokumentaatiovirta - nykytila vs. tavoitetila		
Osa-alue	Nykytila	Tavoitetila
Tieto- ja dokumentaatiovirrat yleisesti	Vakioimaton	Yksinkertaiset ja vakiodut reitit
Dokumentaatio	Paikoin standardoimatonta	Standardoitu
Tiedonsiirto ja tallentaminen	Vaihtelevat käytännöt	Vakiodut menetelmät ja käytännöt
Käytettävät ohjelmistot	Vaihtelevat	Määrä minimoitu ja käytettävät ohjelmistot määritelty
Tieto- ja dokumentaatiovirran vastuuhenkilöt	Ei tarkoin määritelty	Selkeästi määritelty
ERP-järjestelmän tietojen ajantaisuus ja luotettavuus	Ei parhaalla mahdollisella tasolla	Aina ajan tasalla ja luotettavaa
ERP-järjestelmän päivittämisestä vastaavat henkilöt	Vastuut paikoin epäselvät	Vastuut selvät

Suorituskyky - nykytila vs. tavoitetila		
Osa-alue	Nykytila	Tavoitetila
Tuotantoprosessin suorituskyvystä saatava tieto	Paikoin epäluotettavaa	Luotettavaa ja vertailukelpoista
Suorituskykymittarit	Ei tarkoin määritelty	Vakioitu ja tarvittava data yksiselitteisesti määritelty
Tuotantoprosessin läpimenoaika	Lähtötaso	-30 %
Työnsuunnittelun ja hankinnan läpimenoaika	Lähtötaso	-40 %
Valmistuksen läpimenoaika	Lähtötaso	-30 %
Valmistuksen tuottavuusparannus	Lähtötaso	+50%